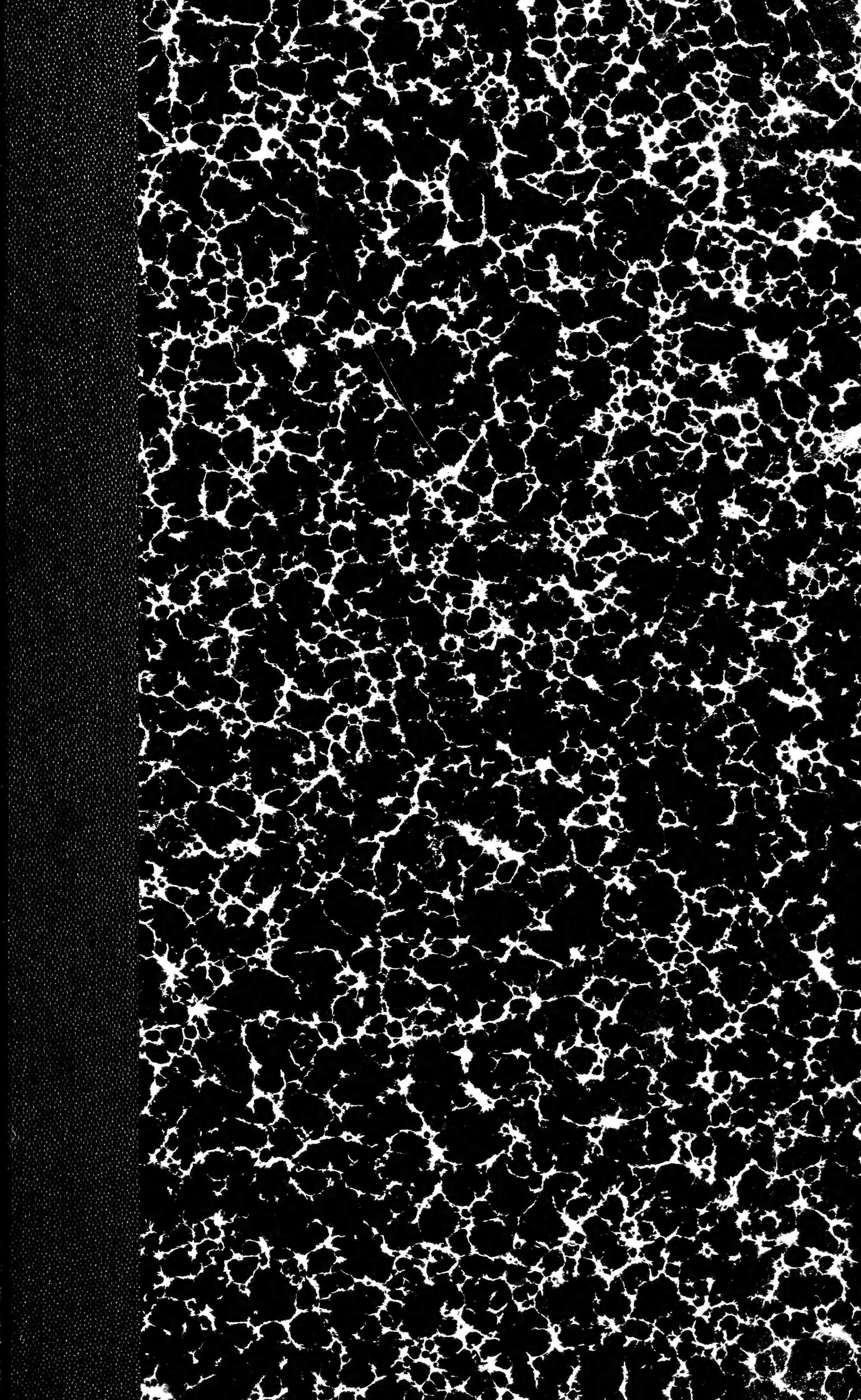
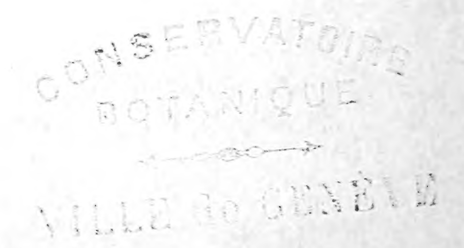



GENEVA BOTANICAL GARDEN
Septemb 1899
R. W. Gibson Inv.

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME DIX-NEUVIÈME



GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE

DELAFONTAINE ET ROUGE

NEUCHATEL

SAMUEL DELACHAUX.

1864

HAUTEUR DU LAC DE GENÈVE

AU-DESSUS

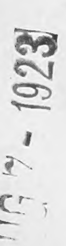
DE LA MÉDITERRANÉE ET AU-DESSUS DE L'OCÉAN

PAR

M. E. PLANTAMOUR,

Professeur

Une question qui attire depuis quelque temps l'attention des ingénieurs et du public, en Suisse, est celle qui se rapporte à la discordance entre la hauteur des différents points de notre pays, telle qu'elle résultait de la mensuration géodésique exécutée en vue de la carte fédérale, et la hauteur obtenue par des opérations plus récentes et par des procédés susceptibles d'une plus grande exactitude. En raison de la position géographique de la Suisse, les ingénieurs, qui avaient pour mission de déterminer la hauteur des différents points de son sol, ne pouvaient pas prendre le niveau de la mer comme plan de comparaison immédiat ; ils étaient obligés d'adopter pour point de départ un ou plusieurs repères, situés sur la frontière, et dont la hauteur au-dessus de la mer était fournie par les opérations géodésiques exécutées dans les pays voisins. La conséquence inévitable est que toute erreur, dont la hauteur de ces points de repère est affectée, doit se reproduire sur tout le réseau suisse, et il paraît maintenant hors de doute que



cette erreur s'élève à $2^m,6$ si l'on part du niveau de la Méditerranée, et à $3^m,4$ si l'on part du niveau de l'Océan.

Les points de repère choisis par les ingénieurs suisses, étaient deux sommités du Jura, le Chasseral et la Dôle, l'un et l'autre des sommets de triangles de premier ordre, soit dans la triangulation suisse, soit dans la triangulation française, exécutée de 1818 à 1824, sous la direction de l'ingénieur Corabeuf, et qui reliait par une série de triangles la côte de l'Océan à Noirmoutiers avec le Jura. La raison pour laquelle on avait choisi ces deux points était, qu'ils fournissaient la liaison la plus directe du Jura avec l'Océan, et que cette opération géodésique était considérée comme la plus exacte à l'époque, où les travaux de la triangulation suisse étaient en voie d'exécution. C'est de la hauteur du Chasseral qu'a été déduite celle de tous les sommets de triangles de premier ordre en Suisse ; quant à la hauteur du lac de Genève, elle a été obtenue par un nivellement direct exécuté en 1829 par le colonel Filhon entre la Dôle et la pierre à Niton près de Genève. Il avait trouvé que la plaque de bronze fixée comme repère sur le sommet de la pierre à Niton était de $1304^m,21$ au-dessous de la Dôle, et par conséquent de $376^m,64$ au-dessus de l'Océan, puisque, d'après Corabeuf, la hauteur de cette sommité était de $1680^m,85$. On obtient du reste des résultats concordants pour les différents points du réseau suisse, soit que l'on parte du Chasseral, soit que l'on parte de la Dôle et de la pierre à Niton. D'après la détermination du général Dufour, faite il y a trente ans, le niveau moyen du lac est à $1^m,61$ au-dessous du repère de la pierre à Niton, soit à $375^m,03$, ou en nombre rond 375^m au-dessus de la

mer ; c'est le chiffre inscrit dans la carte fédérale. D'après une détermination plus récente de M. le colonel Burnier, le niveau moyen du lac serait à $1^m,69$ au-dessous du repère de la pierre à Niton, soit à $374^m,95$ au-dessus de l'Océan, en partant du chiffre donné précédemment pour ce repère.

Depuis que cette détermination, reposant sur la triangulation française et sur la triangulation suisse, a été obtenue, l'application d'un procédé de nivellement beaucoup plus précis s'est faite sur une grande échelle, soit à l'occasion des études de chemins de fer, soit en vue de perfectionner la connaissance topographique du pays. L'exactitude de la détermination géodésique des hauteurs, à l'aide des distances zénithales observées du sommet d'un triangle à l'autre, est nécessairement limitée par des erreurs tenant, soit à la nature et à la dimension des instruments portatifs employés, soit à la réfraction terrestre. Les théodolithes dont on se sert pour la triangulation sont munis de cercles, qui ne permettent guère d'apprécier un angle d'une seconde, et le pouvoir optique de la lunette atteint rarement cette limite ; on ne saurait donc espérer pouvoir mesurer une distance zénithale à moins d'une seconde près, lors même que l'incertitude due à la réfraction terrestre n'existerait pas. Celle-ci, qui est d'une influence considérable, varie avec l'heure de la journée, et on peut bien en tenir compte dans l'hypothèse d'un décroissement normal et régulier de densité des couches atmosphériques, mais ce décroissement régulier est troublé, presque à chaque instant, par des circonstances accidentelles, dont il est impossible de tenir compte dans le calcul. En admettant même, ce qui est bien rarement le

cas, qu'une distance zénithale eût pu être déterminée à une seconde près, il n'en résulterait pas moins sur la différence de hauteur de deux stations distantes de 20, 40 ou 60 kilomètres des erreurs s'élévant à 1, 2 ou 3 décimètres. Lorsque la différence de hauteur entre deux stations n'est pas obtenue par une mesure directe d'un point à l'autre, mais par une série de sommets de triangles intermédiaires, les causes d'erreur se présentant à chaque mesure, l'incertitude sur le résultat va en augmentant, de telle sorte qu'avec 10 points intermédiaires, et l'incertitude sur chaque mesure étant de trois décimètres seulement, elle s'élèverait à un mètre entre les deux points extrêmes[1]. On comprend ainsi facilement que, même dans les triangulations les plus exactes, il puisse se présenter des erreurs de un à deux mètres, et au delà, dans la différence de hauteur de deux points reliés par une chaîne de triangles, l'exactitude que j'ai supposée dans les distances zénithales étant bien rarement atteinte.

L'emploi du niveau à bulle d'air, à l'aide duquel les causes d'erreur dues à la réfraction terrestre sont éliminées, permet d'arriver à une exactitude beaucoup plus grande; il est vrai que l'opération est notablement plus longue, au lieu de niveler à la fois à une distance de 20, 40 ou 60 kilomètres, il faut promener l'instrument sur toute la ligne et diviser celle-ci en un grand nombre de sections nivelées successivement. En prenant 250 mètres pour la longueur totale d'un coup de niveau, d'une station à l'autre, il est facile, avec de bons ins-

[1] Si l'on fait concourir à la détermination d'une quantité, n opérations différentes, dont chacune est affectée d'une erreur moyenne égale à $\pm E$, l'erreur moyenne du résultat est égale à $\pm \sqrt{n \times E^2}$.

truments, de répondre de deux millimètres sur la différence de hauteur des deux extrémités ; pour arriver à 20, 40 ou 60 kilomètres, il faut, il est vrai, 80, 160, 240 coups de niveau, mais l'erreur à craindre ne dépassera pas 18, 25 ou 31 millimètres, et même à 400 kilomètres elle s'élèverait à 8 centimètres seulement[1]. Du reste l'exactitude que l'on peut atteindre par ce procédé est plus grande encore ; en effet, le nivellement entre Lyon et Marseille a été fait à deux époques différentes, en 1858 et en 1862, sous la direction de M. Bourdaloué, par des opérateurs différents et avec des instruments différents, et l'écart entre les deux résultats n'est que de 64 millimètres.

M. le colonel Burnier a bien voulu me communiquer deux lettres de M. Michel, ingénieur des ponts et chaussées, relatives aux nivellements qui s'exécutent maintenant en France, et à ceux en particulier, qui ont été faits tout le long du cours du Rhône, de Marseille jusqu'à la pierre à Niton, et avec son autorisation je reproduis ici les extraits suivants de ces lettres :

« Une décision ministérielle, en date du 13 février « 1860, a fixé le plan de comparaison du nivellement « général de la France au niveau moyen de la Méditer-

[1] D'après la *Notice complémentaire de la commission chargée de la direction du nivellement général de la France*, les niveaux employés à cette opération étaient munis de lunettes de $0^m,48$ distance focale, $0^m,04$ ouverture, avec un grossissement linéaire de 36 fois. Les mires *parlantes*, divisées en parties de $0^m,02$, étaient ordinairement à une distance de 125 à 150 mètres de l'instrument ; à cette distance, chaque division soustend dans la lunette un angle de 18' à 20', et une erreur de 3'', 3 dans l'inclinaison correspond à $0^{mm},002$, les niveaux permettent d'apprécier jusqu'à 1'' dans l'inclinaison.

« ranée à Marseille ; ce niveau est à $0^m,4$ au-dessus du « zéro de l'échelle placée dans ce port. La surface de la « France a été divisée en 38 polygones tracés en suivant « les routes, chemins de fer et canaux[1] ; chaque ligne a « été nivelée six fois au moins et par des opérateurs « différents. Chaque soir, les opérateurs envoyaient leurs « carnets au ministère, où des employés faisaient les « calculs et contrôlaient les résultats ; toute différence « constatée entraînait des vérifications jusqu'à ce que « l'erreur ait pu être corrigée Quant à l'exactitude du « résultat, mon appréciation est la même que celle des « ingénieurs qui se sont occupés de suivre de près les « opérations, savoir que les nivellements faits sur la « surface de la France sont exacts à trois centimètres près, « et que l'on peut considérer les résultats comme tout « à fait définitifs. C'est ainsi qu'ont été établis, à une « distance d'environ un kilomètre de l'un à l'autre, « 17,000 repères en France, pour le premier réseau, « à l'aide duquel chaque administration départementale « fera compléter le nivellement des routes et chemins « du département ; sur chaque repère est inscrite la cote « rapportée au niveau moyen de la Méditerranée à Mar- « seille. La route des Rousses à Genève par Gex, celle « de Genève à St-Julien et Annecy, celle de St-Julien à « Thonon et St-Gingolph, enfin la route de Dôle à Be- « sançon, Belfort et Mulhouse font partie du système des

[1] D'après la *Notice complémentaire*, le développement des lignes de base formant ces 38 polygones est de 14,625 kilomètres; la limite de l'écart, à la fermeture d'un polygone, est de $0^m,001 \sqrt{K}$, K représentant le développement du polygone en kilomètres, soit de $0^m,02$ pour un développement moyen de 400 kilomètres.

« polygones et possèdent dès à présent des repères rap-
« portés au nivellement général de la France. C'est à
« ces lignes qu'on pourrait rattacher les nivellements de
« la Suisse. En ce qui concerne en particulier la hauteur
« du lac de Genève, le nivellement du Rhône a été vé-
« rifié par la route des Rousses d'un côté, et de l'autre
« par le chemin de fer de Culoz à Chambéry ; le nivelle-
« ment du Rhône, exécuté en 1862, a donné pour alti-
« tude de la pierre à Niton au-dessus du niveau moyen
« de la Méditerranée à Marseille 374^{m},052. C'est le
« chiffre qui, d'après les renseignements qui m'ont été
« fournis par M. Bourdalouë, doit être considéré comme
« la cote exacte et officielle ; il en résulte que le niveau
« moyen du lac est à 372^{m},362 au-dessus de la Médi-
« terranée. »

« Voilà donc une première question résolue ; je passe
« à la seconde, c'est-à-dire à la hauteur du niveau
« moyen de l'Océan au-dessus du niveau moyen de la
« Méditerranée. Comme il est naturel de le prévoir,
« le niveau moyen de l'Océan dans les différents ports
« n'est pas le même La forme des côtes, qui gêne le
« mouvement de la marée, en rend suffisamment compte
« sans qu'il soit nécessaire d'insister sur ce sujet. Dans
« chaque port de mer une longue série d'observations
« a permis de fixer le niveau moyen de la mer ; le ni-
« vellement de ces hauteurs dans 19 ports de la côte,
« depuis Bayonne jusqu'à Dunkerque, indique des varia-
« tions entre 0^{m},211 et 1^{m},205 au-dessus du niveau
« moyen de la Méditerranée. La moyenne pour ces 19
« ports est exactement 0^{m},80, c'est-à-dire que le niveau
« moyen de l'Océan sur les côtes de France est à 0^{m},80
« au-dessus du niveau moyen de la Méditerranée, et

« que, pour avoir l'altitude du lac de Genève par rap-
« port au niveau moyen de l'Océan, il faudrait retrancher
« 0^{m},80 des chiffres donnés plus haut. On obtient ainsi :

« Par rapport à l'Océan, altitude de la pierre à Niton .... 373^{m},252.
« Par rapport à l'Océan, altitude du niveau moyen du lac .... 371^{m},562.

« Nous sommes loin du chiffre 375^{m} inscrit sur les
« cartes. Il vous sera peut-être agréable de connaître
« les altitudes de la mer moyenne dans différents ports
« de l'Océan ; je les transcris ci-après, comme je les ai
« reçues de M. Bourdalouë :

	m
Bayonne	0,856
Arcachon	0,600
Rochefort...........	0,993
La Rochelle........	0,400
Les Sables d'Olonne ..	0,589
St-Nazaire	0,747
Lorient	0,990
Port Launay	1,205
Brest..............	1,022
St-Malo............	0,945
Cancale	1,097
Granville...........	0,890
Cherbourg	0,895
Carentan	0,857
Le Havre...........	0,211
Dieppe	0,579
Boulogne	0,856
Calais	0,753
Dunkerque	0,776
Moyenne	0,800

« Depuis longtemps, dans le service du canal du Midi, « qui réunit la Méditerranée à l'Océan, les ingénieurs « admettaient cette différence de niveau de 0^{m},80, mais « on avait perdu les bases sur lesquelles avaient été éta- « blis les calculs ; elle se trouve maintenant complète- « ment justifiée. »

« Ainsi que je l'ai indiqué dans mon mémoire, on de- « vrait désormais rapporter les nivellements de la Suisse « au niveau moyen de la Méditerranée, et cela pour « trois motifs : 1° parce que le niveau moyen de l'Océan « est variable dans les différents ports, tandis que celui « de la Méditerranée peut être considéré comme assez « constant, on a trouvé seulement 0^{m},013 entre Marseille « et Cette ; 2° parce que le niveau moyen de la Mé- « diterranée est désormais le plan de comparaison offi- « ciel pour le nivellement général de la France ; 3° enfin, « parce qu'une partie notable des eaux de la Suisse se « déverse dans la Méditerranée, soit par le Pô et l'Adige, « soit même par le Danube, et que par leur position to- « pographique les Alpes paraissent plutôt appartenir au « bassin de la Méditerranée qu'à celui de l'Océan. »

On voit par ces lettres de M. Michel le degré de confiance que méritent, de l'avis des ingénieurs les plus compétents, les opérations à l'aide desquelles il nous sera possible de rectifier les hauteurs du réseau suisse, telles qu'elles sont inscrites sur la carte fédérale, et de procéder à un nouveau nivellement en prenant pour base et point de départ le repère de la pierre du Niton. La cote de ce repère est de 374^{m},052, si l'on prend pour plan de comparaison le niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, et de 373^{m},252, si l'on prend le niveau moyen de l'Océan sur les côtes de France, d'après les mesures faites dans dix-neuf ports de Bayonne à Dunkerque.

M. Michel émet l'avis que c'est le premier de ces niveaux qui devrait être adopté comme plan de comparaison pour le réseau suisse; il m'est impossible de partager cette opinion, malgré l'autorité de l'ingénieur éminent dont elle émane, et cela pour les motifs suivants. L'argument invoqué en second lieu par M. Michel, à l'appui de son opinion, est la décision prise en France à ce sujet, eu égard à l'avantage qu'il y a à adopter dans deux pays limitrophes le même point de départ; mais comme la Suisse n'est limitrophe de la France que sur une partie restreinte de sa frontière, cet argument n'aurait de valeur qu'autant que la mesure serait généralement adoptée dans les pays voisins, et sur tout le continent. Tant que cela n'a pas lieu, et l'adoption générale de cette mesure n'est pas probable, il n'y a aucun avantage pour nous à nous accorder d'un côté, pour nous mettre en désaccord sur l'autre. Il m'est impossible de voir un argument bien puissant dans le fait, qu'une partie des eaux de la Suisse se déverse dans la Méditerranée par le Rhône, car de beaucoup la plus grande partie se déverse dans la mer du Nord par le Rhin, et quant à la très-petite partie qui s'écoule par le Pô, l'Adige ou par le Danube, il faudrait, pour que l'argument ait quelque poids, établir d'abord que le niveau de l'Adriatique est le même que celui de la Méditerranée à Marseille, et, en outre, on sait que le niveau de la mer Noire est plus élevé d'une quantité assez notable.

Des trois motifs indiqués par M. Michel, c'est le premier, dont l'importance est de beaucoup la plus considérable, savoir, que le niveau moyen de l'Océan est variable dans les différents ports, et cela en raison de la forme des côtes qui gêne le mouvement de la marée, tandis

que dans la Méditerranée, où la marée est à peu près nulle, du moins dans cette partie, le niveau peut être considéré comme assez constant.

Cet argument serait d'un très-grand poids et pourrait être regardé comme décisif, si le mouvement de la mer dû à la marée était la seule cause qui pût influer sur le niveau moyen de l'eau dans un port; on pourrait, en outre, faire valoir cette considération que dans un port, où la variation de niveau due à la marée est nulle, ou presque nulle, il est facile d'obtenir au bout de peu de temps et avec une grande exactitude la cote représentant le niveau moyen, rapportée à un repère fixe, tandis que dans un port où la marée est considérable, la mesure est beaucoup plus difficile, et un résultat exact ne peut être obtenu que par un très-grand nombre d'observations poursuivies pendant un long laps de temps. Mais il est une autre cause pouvant influer sur le niveau moyen de la mer sur un point quelconque de la côte ; cette cause, dont l'effet doit se faire sentir sur les rivages de la Méditerranée aussi bien que sur ceux de l'Océan, et que M. Michel n'a pas prise en considération, c'est la déviation de la verticale, ou de la ligne du fil à plomb, produite par l'attraction du continent. Sur la côte d'une mer quelconque se trouve d'un côté le continent, savoir la partie saillante de la croûte terrestre, dont la densité est au moins $2\,^1/_2$ fois plus grande que celle de l'eau, de l'autre, une excavation de cette même croûte recouverte par l'eau ; la direction de la verticale doit par conséquent toujours être infléchie de la mer vers le continent, à moins que l'on ne suppose des vides ou excavations sous celui-ci. Il doit par conséquent se présenter partout sur les côtes une déviation de la verticale, analogue à celle

que Maskelyne a constatée le premier sur les deux versants du Shehallien, et qui se présente dans toutes les mesures géodésiques; et comme le niveau moyen de l'eau est perpendiculaire à la direction de la pesanteur, il s'en suit que ce niveau doit se relever le long de la côte, de telle façon que, près des continents, le niveau de l'eau sera toujours plus élevé qu'à une grande distance des côtes.

Il ne serait certainement pas facile de calculer a priori de combien le niveau doit être élevé par cette cause sur un point quelconque de la côte, car les bases de ce calcul font défaut, savoir, la connaissance du montant de la déviation de la verticale sur un nombre suffisant de points; que l'effet produit puisse être appréciable n'est pas douteux, puisque dans un grand nombre de cas on a trouvé des déviations de la verticale s'élevant à plusieurs secondes. La configuration topographique du relief de la côte, ainsi que celle de la dépression du lit de la mer au-dessous de la surface de l'eau doit naturellement produire en chaque point une altération différente du niveau, et l'on peut s'attendre à trouver une altération plus grande, lorsque la côte s'élève abruptement sous la forme de massifs de montagnes assez élevées et que le lit de la mer adjacente est à une plus grande profondeur, que lorsque la côte est basse à une grande distance et la mer peu profonde. En examinant les chiffres donnés dans la lettre de M. Michel pour le niveau moyen de l'eau dans les différents ports de l'Océan, on trouve une vérification de cette prévision; en effet, à Bayonne, port plus voisin du massif des Pyrénées, le niveau est plus élevé qu'à Arcachon ; de ce dernier port à l'embouchure de la Loire, où la côte est plate, le niveau est en général peu élevé. Dans les ports de la Bretagne et de la pres-

qu'île normande, au contraire, où le sol est plus accidenté et le relief plus saillant, le niveau est plus élevé ; enfin le chiffre remarquablement bas trouvé pour le Havre se justifie très-bien par sa position géographique, et par l'attraction de la presqu'île normande située de l'autre côté du bras de mer formé par l'embouchure de la Seine.

Des variations analogues peuvent naturellement se produire aussi bien sur les côtes de la Méditerranée, et c'est pour cette raison que je ne peux pas admettre à priori, et sans confirmation par des mesures ultérieures, la validité de l'argument invoqué par M. Michel, que le niveau moyen de la Méditerranée peut être regardé comme assez constant dans toute l'étendue de ses côtes. Entre Marseille et Cette on n'a trouvé, il est vrai, que la très-faible différence de 13 millimètres, mais ce seul exemple ne suffit pas, parce que les circonstances locales sont trop peu différentes. Si des mesures exactes prouvaient qu'à Port-Vendre, où l'attraction des Pyrénées est plus sensible, ou sur un port de la Corniche, entre Nice et Gênes, où l'influence des Alpes et de l'Apennin peut être plus considérable, le niveau est sensiblement le même qu'à Marseille, l'argument invoqué par M. Michel aurait un très-grand poids. On pourrait, en effet, en conclure que les irrégularités trouvées dans les différents ports de l'Océan sont uniquement dues aux accidents qui accompagnent le mouvement de la marée, et que l'effet produit par la déviation locale de la verticale n'est pas sensible.

Tant que la preuve directe ne sera pas fournie par des mesures précises, il est permis de révoquer en doute, d'après les considérations données plus haut, l'exactitude de l'assertion que le niveau moyen de la Méditerranée est sensiblement le même, sur toute l'étendue de

ses côtes, qu'à Marseille; l'argument donné en faveur de l'adoption du niveau de l'eau à Marseille comme plan de comparaison universel, basé sur cette hypothèse, perd toute sa valeur si cette hypothèse ne se confirme pas.

Qu'il me soit permis d'insister sur le haut degré d'intérêt qu'offriraient des opérations exactes faites dans le but de vérifier si, dans des circonstances locales très-différentes, le niveau de la Méditerranée est effectivement partout le même. Cette vérification pourrait se faire très-facilement à Port-Vendre, ou dans un des ports de la Corniche, si on avait des observations suffisamment précises du niveau de l'eau prises à une échelle placée dans le port; il suffirait de relier par un nivellement soigné le zéro de cette échelle à celui de l'échelle placée à Marseille. On s'assurerait de cette manière, si la déviation de la verticale produite par l'attraction du continent, et plus ou moins forte suivant le relief de la côte, produit un effet sensible, ou non, sur le niveau de la mer.

J'ajouterai, en terminant, qu'il serait fort à souhaiter que la question fût examinée par les autorités compétentes en Suisse, soit par le bureau topographique fédéral, soit par la commission géodésique récemment instituée. Il est hors de doute, que les hauteurs indiquées dans la carte fédérale sont inexactes, et qu'elles reposent sur une base fausse; une nouvelle base très-précise est fournie par la hauteur du repère de la pierre à Niton. Reste à trancher la question de savoir, si l'on adoptera la cote rapportée au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, ou celle qui se rapporte au niveau moyen de l'Océan, d'après les mesures faites dans dix-neuf ports de la côte de France; c'est à ce dernier parti que je serais disposé à me ranger.

DU CLIMAT DE GENÈVE, PAR M. E. PLANTAMOUR, professeur à l'Académie de Genève. 1 vol. in-4°. Genève, 1863.

La météorologie et la statistique sont, l'une dans l'ordre des sciences physiques, l'autre dans l'ordre des sciences morales, deux branches de nos connaissances qui ont beaucoup de rapport. Elles demandent toutes les deux non-seulement des observations bien faites, mais aussi des observations bien dirigées; j'entends par là un choix judicieux dans la nature des observations à faire. Qu'importe, en effet, à l'avancement de la météorologie l'observation d'un thermomètre placé dans une position exceptionnelle, près d'un mur par exemple, ou sous un arbre? On aura beau multiplier les observations, les faire avec un soin extrême, ce sera peine perdue pour la science, car on ne pourra en tirer aucune conséquence générale.

Il faut donc, à quelque point de vue qu'on se place dans l'étude de la météorologie, non-seulement bien observer, mais n'observer que ce qui peut servir à atteindre le but qu'on se propose.

Deux buts assez distincts, en effet, se présentent à l'observateur. L'un consiste à chercher les explications des phénomènes naturels qui se passent soit dans l'atmosphère, soit à la surface de la terre; c'est plus encore peut-être de la physique terrestre que de la météorologie. L'autre but est de déterminer les éléments dont l'ensemble constitue ce qu'on nomme le climat d'un pays; c'est bien là la météorologie proprement dite. On ne peut atteindre le premier but qu'en réunissant des observations nombreuses faites dans des localités diverses et dans des circonstances aussi différentes que possible, et en s'aidant en même temps des données de la physique expérimentale. Étudier sous toutes leurs faces les phénomènes naturels, les comparer aux phénomènes analogues que l'expérience permet de produire, tel est le moyen de parvenir à expliquer les premiers. C'est ainsi que Descartes et surtout Newton parvinrent à expliquer l'arc-en-ciel, que Franklin réussit à donner l'explication de la foudre, et que tous les jours on ramène aux lois connues de la physique bien des phénomènes météorologiques qui paraissaient inexplicables.

Le second but, moins scientifique peut-être, mais plus pratique, n'exige pas autant de variété et ne présente pas autant d'imprévu dans les observations; mais il demande qu'on y apporte plus de suite et plus de persévérance. Quant à son utilité, elle est incontestable. En effet, la vie soit animale, soit végétale, est intimement liée avec le climat; il importe donc pour la connaissance de leur dépendance mutuelle, de pouvoir établir d'une manière aussi rigoureuse que possible les conditions climatériques d'une localité.

Mais qu'est-ce qui constitue le climat? C'est, dira-t-on,

la température, la pression atmosphérique, le degré d'humidité, la quantité de pluie ou de neige, le nombre des jours où l'eau tombe sous l'une ou l'autre de ces deux formes, la direction des vents qui soufflent, leur durée et leur intensité. Voilà, en effet, les principaux éléments météorologiques dont l'ensemble constitue le climat. Et pourtant que de résultats différents suivant la manière dont on peut analyser ou grouper ces éléments ! Ainsi deux localités, par exemple, peuvent avoir la même température moyenne et cependant différer notablement dans leurs températures extrêmes. Sera-ce le même climat ? Assurément non. Aussi distingue-t-on, indépendamment de l'influence prépondérante de la latitude, celle de la hauteur absolue, celle du voisinage de la mer, celle au contraire de la position au milieu des terres, celle de la configuration du sol et de la hauteur relative, etc., etc. Et encore que de difficultés pour bien établir dans son acception la plus complète et la plus exacte, la notion du climat.

Ces difficultés sont si grandes que quelques physiciens du premier ordre en sont venus jusqu'à douter qu'elles pussent être surmontées. Dans une longue et intéressante discussion qui eut lieu à la fin de 1855 à l'Académie des Sciences de Paris, à l'occasion de l'établissement d'observatoires météorologiques dans l'Algérie, MM. Biot et Regnault se prononcèrent vivement contre le mode d'observation généralement usité. Il est vrai que leurs objections ne restèrent pas sans réponse, mais elles ne furent pas sans ébranler plus ou moins la confiance peut-être trop grande qu'on avait eue jusqu'ici dans les observatoires météorologiques.

M. Biot, dont l'opinion, d'accord avec celle de M. Re-

gnault, se trouve consignée en détail dans le *Compte rendu de l'Académie des Sciences* du 31 décembre 1855, cherche à démontrer que, autant au point de vue de la découverte des lois générales que sous le rapport des applications pratiques, on a fait fausse route dans la méthode suivie jusqu'ici dans les observatoires météorologiques. Il cite en particulier comme exemples l'institution de semblables observatoires réalisée avec beaucoup de soin sur toute la surface de la Russie et qui n'a rien produit sinon des masses de faits disjoints, matériellement accumulés, sans aucune destination d'utilité prévue, soit pour la théorie, soit pour les applications.

« Quant aux lois générales qui régissent l'état statique de l'atmosphère, dit M. Biot, on ne peut pas raisonnablement s'attendre à ce qu'elles seront décelées, ni le moins du monde indiquées, par des observations faites dans la couche d'air la plus basse où toutes les causes de perturbations imaginables ont leur siége spécial, et produisent au même instant, dans des localités diverses, souvent peu distantes, des effets soudains dont les différences sont extrêmes, depuis le calme jusqu'à l'ouragan. Mais admettons qu'on ne prétende qu'à cette simple description des phénomènes météorologiques qui s'opèrent dans la couche inférieure de l'atmosphère. Alors même, vous ne l'obtiendrez nullement par des observations barométriques et hygrométriques automatiquement faites à des heures réglées. Il faudrait que l'intelligence de l'observateur s'appliquât à en varier les intervalles selon la mutabilité plus ou moins rapide des phénomènes, faisant, par exemple, celles du baromètre, plus fréquentes au temps des équinoxes, et les réitérant presque de minute en minute pendant les ouragans. Les caprices des

phénomènes physiques ne se laissent pas réglementer par des ordonnances. Aucune de leurs lois n'a été découverte par des observations en bloc, prescrites à l'avance. Il faut les prendre par parties avec beaucoup d'instinct et de délicatesse pour y apercevoir ces lois, les suivre et les dégager de l'ensemble à mesure que le raisonnement souvent le plus subtil nous conduit à les démêler. »

Sans nous dissimuler ce qu'il y a de fondé dans les remarques de l'illustre physicien français, tout en reconnaissant avec lui que des observations météorologiques poursuivies et variées pendant un temps plus ou moins long avec une persévérance et une activité soutenues, telles qu'en font des voyageurs scientifiques, sont plus propres que les observations régulières d'une station fixe, à éclaircir quelques points obscurs de la science météorologique, nous n'irons pas jusqu'à regarder ces dernières comme inutiles pour l'avancement de la science. Elles ne conduisent pas, il est vrai, à de grandes découvertes, mais si elles sont bien faites, elles pourront contribuer à confirmer ou à invalider des théories souvent hasardées, quelquefois fondées, fruit de l'imagination et du génie scientifique.

« A défaut de succès dans la découverte des lois générales, ajoute M. Biot, on s'est rejeté sur l'espérance des applications pratiques. Quand, a-t-on dit, on aura accumulé pendant beaucoup d'années, dans des localités diverses, des masses d'observations thermométriques et hygrométriques régulièrement faites à toutes les heures de la nuit et du jour, on en déduira des moyennes qui seront éminemment utiles à l'agriculture, à la physiologie végétale, à la géographie des plantes et par suite au choix des cultures qui peuvent être fructueusement introduites

dans chaque localité. Tout cela s'est encore trouvé être autant d'illusions, et j'ajoute qu'il n'en pouvait autrement arriver. »

Ici le savant français montre combien, malgré toute leur bonne volonté, les agronomes et les botanistes ont tiré peu d'utilité de toutes les promesses théoriques qu'on leur avait faites. Il cite l'exemple de M. de Gasparin et celui de M. Alphonse de Candolle, qui, dans leurs ouvrages respectifs, n'ont pu trouver des données approximativement suffisantes dans les tables météorologiques, pour prouver que les indications phénoménales qu'on y enregistre n'ont que des rapports très-éloignés et très-incomplets avec la vie accidentée des végétaux. Il cite plusieurs détails à cet égard en montrant combien la manière dont on apprécie l'humidité et la chaleur, les deux agents naturels qui influent le plus puissamment sur la végétation, est peu propre à donner une idée exacte de leur effet véritable sur la plante. Ainsi comment un thermomètre placé au nord et à l'ombre peut-il rendre compte de l'influence qu'exercent sur une plante le rayonnement solaire et le rayonnement nocturne? Ainsi encore les impressions que les végétaux reçoivent à l'air libre par l'effet de la vapeur aqueuse répandue dans l'atmosphère et de la pluie qui les arrose, sont tout autres qu'on en pourrait juger par l'indication de l'hygromètre et par celle de l'udomètre qui mesure la quantité de pluie tombée.

Mais il est temps de nous arrêter et de ne pas prolonger cette discussion. Résumons-la en disant que c'est aux physiologistes, comme le remarque en note M. Biot, à faire et à diriger les observations météorologiques dans le sens qui leur convient, ce qui n'empêche pas les phy-

siciens de continuer les leurs d'une manière régulière et uniforme. Peut-être a-t-on mis quelque luxe dans la multiplicité des observatoires météorologiques, et vaudrait-il mieux en avoir un moins grand nombre en les plaçant dans des stations variées et bien choisies, et y multiplier davantage, en leur donnant plus de soin, les observations qu'on y fait. Aussi, d'un autre côté, comme ce n'est jamais, en tout cas, qu'une bien faible portion de l'atmosphère qu'on parvient à sonder dans le système d'observations actuellement en vigueur, il ne faut pas s'exagérer la portée des résultats obtenus. Mais faudrait-il renoncer à l'étude de la paléontologie parce qu'on n'a encore fouillé qu'une bien minime proportion de la surface de la terre? Dans l'un et l'autre cas, *bien observer*, voilà la condition indispensable pour bien mériter de la science à laquelle on apporte ainsi un contingent de données dont plus tard, sinon tout de suite, on saura tirer parti.

Occupons-nous maintenant de l'ouvrage qui a été l'occasion de notre longue digression.

Depuis près de soixante et dix ans, il se fait à Genève des observations météorologiques régulières qui sont enregistrées chaque mois dans le numéro mensuel de la *Bibliothèque universelle*, autrefois *Bibliothèque britannique*. Mais il est bien pénible, bien difficile d'aller fouiller ces 800 numéros pour en tirer les renseignements relatifs au climat de Genève. C'est donc un vrai service que M. Plantamour a rendu à la science et à toutes les personnes pour lesquelles la connaissance du climat a de l'intérêt et de l'utilité, en donnant sous une forme succincte et en même temps très-claire, un résumé très-complet et très-substantiel de cette longue série d'observations. On a souvent dit que le talent de savoir grouper les chiffres

constituait la grande habileté d'un financier. Nous pouvons dire avec plus de raison que c'est un grand talent que celui de savoir interpréter et grouper les données numériques d'un nombre considérable d'observations, de manière à en faire ressortir des conséquences intéressantes et souvent aussi nouvelles qu'imprévues. Or, ce talent, M. Plantamour nous paraît le posséder à un haut degré ; nous aurons plus d'une occasion de le faire remarquer.

M. Plantamour n'a pas cru devoir remonter au delà de l'année 1826, parce que, pour les années antérieures, l'emplacement des instruments n'était pas le même et que l'exposition était trop différente pour que les observations fussent comparables. Son travail, qui se compose de plusieurs parties distinctes, a déjà été commencé en 1861, de sorte que pour la température, la pression atmosphérique et l'état hygrométrique de l'air, les observations s'arrêtent à l'année 1860. Pour les autres éléments, tels que les vents et les hydrométéores, l'année 1861 a été ajoutée aux précédentes.

Température.

La température a été observée à l'air libre et dans les conditions voulues pour éviter soit l'action directe des rayons solaires, soit celle des corps ambiants ; c'est la moyenne des observations faites de 1826 à 1860, c'est-à-dire pendant 35 ans, que donne M. Plantamour. Il y a joint les observations faites chaque jour sur la température de l'eau du Rhône, à dater du 1er janvier 1853. Voici les conséquences les plus importantes que l'auteur a tirées des tableaux qui sont à la tête de ce chapitre en les interprétant au moyen du calcul.

Variation diurne. — L'instant le plus chaud de la jour-

née suit de 1 heure 16 minutes la culmination du soleil dans les mois de décembre et de janvier; dans les mois suivants, le maximum est graduellement retardé parce que, en raison de la plus grande hauteur du soleil, ses rayons conservent plus longtemps après midi une intensité suffisante pour compenser la perte produite par le rayonnement.

Dans les mois de juillet et d'août, l'instant le plus chaud suit de trois heures le passage du soleil au méridien; puis plus tard dans l'année, il arrive graduellement plus tôt. En moyenne, dans l'année, le maximum diurne arrive à 2 heures 23 minutes après la culmination du soleil; les différences en moins en hiver et en plus en été s'élèvent à 37 minutes. L'instant de la soirée où la température atteint sa valeur moyenne arrive à 8 heures 25 minutes, en moyenne, après la culmination du soleil, avec des différences peu considérables s'élevant au maximum à une demi-heure dans le courant de l'année. Enfin l'instant le plus froid de la journée et le moment de la matinée où la température repasse par sa valeur moyenne, dépendent de l'heure du lever du soleil. Le minimum diurne précède le lever du soleil de la même quantité, 1 h. 3 ou 4 minutes dans les mois d'hiver et les mois d'été; l'intervalle est un peu plus long dans le mois de mars et en automne

Un fait important à noter, parce qu'il tient à une cause locale, c'est que la durée de l'augmentation de la température du minimum à sa valeur moyenne, qui est environ de 2 heures 19 m. dans les mois de novembre, de décembre et de janvier, et de 3 heures 52 m. dans les mois de mai, juin et juillet, est même dans ces derniers mois, où elle atteint sa valeur maximum, de près d'une heure plus rapide que la durée de l'abaissement

du maximum à la température moyenne. En un mot, le trait le plus saillant de la variation diurne en été est la rapidité avec laquelle la température s'élève dans les trois ou quatre premières heures après le lever du soleil; puis lorsque la température a atteint sa moyenne, l'accroissement devient beaucoup plus lent et se prolonge encore pendant près de sept heures. « Il est impossible, dit M. Plantamour, de ne pas reconnaître dans cette particularité de la marche de la température l'effet de la brise du lac, qui souffle régulièrement pendant les beaux jours de l'été. La brise du lac se lève vers 9 heures du matin, atteint sa plus grande intensité vers midi, et tombe vers 4 heures après-midi. Le soir, le courant inverse, la brise de terre, se lève vers 10 heures du soir et tombe un peu après le lever du soleil; toutefois, l'intensité de la brise nocturne est beaucoup moindre que celle de la brise du lac pendant le jour. La brise du lac est due à la différence entre la température du sol et des couches superficielles réchauffées par les rayons du soleil d'été, et celle de l'eau qui est refroidie, relativement du moins dans cette saison, par les affluents provenant de la fonte des neiges et des glaciers. La brise du lac doit avoir incontestablement pour effet d'abaisser la température pendant l'été dans les localités qui sont exposées comme l'Observatoire; l'effet inverse doit avoir lieu en hiver, mais il est moins prononcé, parce que dans cette saison les vents du nord, dont la direction concorde avec la brise du lac, ont une température relativement beaucoup plus basse. En hiver, l'accroissement le plus rapide a lieu lorsque la température moyenne a été dépassée et non dans les premières heures après le lever du soleil. On peut établir d'après cela, et d'après l'excursion du maxi-

mum et du minimum de part et d'autre de la moyenne, que le trait saillant de la température en hiver est la chaleur du milieu du jour, tandis qu'en été c'est le froid de la nuit.

Un trait encore caractéristique de la station de Genève, c'est que la température, pendant toute l'année, décroît pendant un plus grand nombre d'heures que celui pendant lesquelles elle s'élève ; la différence entre ces deux périodes est beaucoup plus grande en hiver qu'en été. Malgré cela, en juin et juillet, la température est plus longtemps au-dessus de sa température moyenne qu'elle ne l'est au-dessous ; c'est l'inverse en décembre et janvier, et ajoutons encore que l'amplitude de la variation diurne va en augmentant de l'hiver à l'été ; elle est trois fois plus considérable dans les mois de juillet et d'août qu'elle ne l'est dans les mois de décembre et de janvier, l'augmentation de cette amplitude est très-rapide de février à mars et la diminution la plus forte a lieu de septembre à octobre et d'octobre à novembre.

Variation annuelle de la température. — M. Plantamour entre dans quelques détails sur la manière dont il a obtenu la température moyenne de chaque mois au moyen des observations des 35 années. L'étude des différences que présente la température du même mois d'une année à l'autre donne des résultats qui montrent non-seulement des écarts considérables d'une année à l'autre, mais aussi la continuation d'écarts dans le même sens pendant plusieurs années consécutives. Ainsi, de 1851 à 1855, le mois de janvier a été de 1°,23 plus chaud et le mois de décembre de 1°.32 plus froid que de coutume ; de 1831 à 1835, le mois de février a été de 2°,1 plus chaud que dans les cinq années précédentes et que dans

les cinq années suivantes ; M. Plantamour cite beaucoup d'exemples analogues et en conclut la nécessité d'avoir une longue période d'observations pour compenser les anomalies d'une période par les anomalies en sens contraire d'une autre. Ces anomalies ne sont pas du reste purement locales et elles se reproduisent sur une grande étendue de pays, comme on peut le voir par la comparaison des observations de Paris avec celles de Genève.

On a pu calculer l'écart probable pour une période de cent ans et il s'est trouvé deux cas, le mois de septembre 1834 et le mois de novembre 1851, où l'écart observé a dépassé le chiffre de cet écart probable de cent ans ; la chance de rencontrer un écart comme celui de septembre 1834 se présente une seule fois dans 309 ans.

Le calcul des températures moyennes de chaque saison et de l'année entière donne des différences naturellement beaucoup moins considérables, surtout pour l'année entière, que pour les mois isolés. On peut néanmoins signaler quelques anomalies, et en particulier celle de l'année 1834, qui a été exceptionnellement chaude dans nos contrées. En effet, sa température moyenne a été de 11°,48, tandis que la température moyenne des 35 années qu'on peut regarder comme la température climatérique de Genève a été de 9°,16 ; la température moyenne la plus basse a été celle de l'année 1847, de 8°,37. Ainsi la température moyenne de 1834 a été de 2°,32 plus haute que la moyenne, tandis que celle de 1847 n'a été que de 0°,79 plus basse que la moyenne. Cette température de l'année 1834 offre un caractère exceptionnel et constitue une anomalie très-remarquable sous le rapport de la chaleur. L'écart de cette année avec la moyenne est 4,936 fois plus grand que l'écart probable ; et sa probabilité est par

conséquent au-dessus d'un millième. L'automne de l'année 1851 présente aussi une anomalie assez forte par un abaissement de température tel, que la chance d'en rencontrer un pareil ne se trouve pas une fois dans cent ans.

Nous regrettons de ne pouvoir nous arrêter à l'application que M. Plantamour a faite de la méthode des moindres carrés au calcul des constantes qui entrent dans la formule de la variation annuelle ; cette formule fait connaître à moins d'un dixième de degré la température moyenne pour un instant quelconque de l'année. Nous nous bornerons à signaler un résultat intéressant tiré d'un tableau qui renferme la température pour tous les jours de l'année calculée de cette manière, savoir : que la température reste, pendant l'année, aussi longtemps au-dessus de la température moyenne qu'au-dessous, car il y a 182 jours du 20 avril au 19 octobre, et 183 du 19 octobre au 20 avril ; or le 19 octobre et le 20 avril, la température moyenne est 9°,16, et entre le 20 avril et le 19 octobre elle est tous les jours *au-dessus*, et entre le 19 octobre et le 20 avril tous les jours *au-dessous* de 9°,16.

Températures extrêmes. — Un tableau renferme pour chacune des trente-cinq années d'observation, le degré le plus bas et le degré le plus élevé accusés par les thermométrographes dans le courant de l'année avec la date correspondante. La température la plus basse a été de —25°,3 et a eu lieu le 15 janvier 1838, et la plus élevée (de 36°,2) a eu lieu le 30 juillet 1827 ; ce qui fait entre ces deux extrêmes une amplitude de 61°,5. — Les trente-cinq années donnent en moyenne — 14°,0 pour le degré le plus bas accusé par le thermométrographe dans le courant de l'année et le 15 janvier pour l'époque de ce minimum moyen ; 32°,0 pour le degré le plus haut et le 17

juillet pour l'époque de ce minimum moyen, ce qui fait une amplitude moyenne de 46°. L'amplitude la plus grande entre les deux extrêmes dans une même année a eu lieu en 1838 et a été de 56°,3 ; c'est l'année du plus grand minimum.

Les écarts qui se présentent d'une année à l'autre dans le maximum annuel sont beaucoup moins étendus que pour le minimum annuel. L'écart maximum dans la date du plus grand froid de l'année doit être, d'après le calcul des probabilités, de plus ou moins 52 jours dans trente-cinq ans, soit entre les limites du 24 novembre et du 8 mars ; et de plus ou moins 61 jours en cent ans, soit entre les limites du 15 novembre et du 17 mars. En 1851, le plus grand froid de toute l'année a eu lieu le 20 novembre, c'est-à-dire 56 jours plus tôt que l'époque moyenne, et en 1853 il a eu lieu le 5 mars, soit 49 jours plus tard que l'époque normale. Il est à remarquer, en outre, que lorsque la date du plus grand froid s'écarte notablement de l'époque normale du milieu de janvier, le chiffre du minimum est numériquement plus faible.

Les écarts qui se présentent d'une année à l'autre dans le maximum annuel sont beaucoup moins étendus que pour le minimum annuel. La date moyenne de la plus haute température pendant l'été est le 17 juillet, avec un écart moyen de plus ou moins 19 jours. L'écart maximum probable dans la date des plus grandes chaleurs est de plus ou moins 42 jours dans une période de trente-cinq années, soit entre les limites du 5 juin et du 28 août ; ces limites n'ont pas été atteintes. Dans l'espace de cent ans, les limites de l'écart probable seraient reportées du 28 mai au 5 septembre, en empiétant un peu sur le printemps et l'automne, bien moins cependant que les limites probables pour l'époque des plus grands froids.

Jours de gelée et de non dégel. — Un tableau du nombre des jours de gelée et de non dégel montre qu'il n'est pas arrivé une seule fois dans le cours des trente-cinq années, que le thermomètre soit resté au-dessous de 0° pendant tout un mois, même dans les mois les plus froids; il y a toujours eu quelques jours où le maximum s'est élevé au-dessus de 0°. Passé le mois de février, c'est une exception que le thermomètre reste tout un jour au-dessous de 0°. Le nombre moyen des jours de gelée pendant les trois mois d'hiver (décembre, janvier et février) est de 65; le nombre moyen des jours de gelée au printemps est de 18; en automne il y a en moyenne 12 jours de gelée. En somme, dans l'année, on trouve 95 jours de gelée, dont un peu plus des deux tiers sont fournis par les trois mois d'hiver. Dans les mois de juin, de juillet et d'août, il ne gèle jamais, et dans le mois de septembre il n'a gelé qu'une fois; aussi était-ce le 30 du mois en 1843.

La date moyenne des dernières gelées du printemps tombe entre le 21 et le 22 avril, et l'époque moyenne des premières gelées d'automne est le 28 octobre. Dans les trente-cinq années, la dernière gelée du printemps a eu lieu une fois le 15 mai (en 1831) et la première d'automne une fois le 30 septembre (en 1843).

Enfin remarquons que la portion de l'année pendant laquelle le minimum peut descendre au-dessous de 0°, comprend en moyenne 175,5 jours, et celle pendant laquelle il ne gèle jamais 189,5 jours. Ne sont pas comprises dans ce calcul les gelées blanches de printemps et d'automne qui, provenant d'un refroidissement du sol par rayonnement, ont lieu lors même que le thermométrographe suspendu à quelques pieds au-dessus du sol, ne s'abaisse pas à 0°.

Température du Rhône. — Les observations sur la température du Rhône ne datent que de 1853, époque à dater de laquelle elles ont été continuées régulièrement, se faisant une fois par jour entre midi et 1 heure, excepté les dimanches et jours de fête. L'observation se fait à peu près au milieu du lit du Rhône, dans un endroit où le courant est assez rapide et la profondeur de deux à trois mètres dans les basses eaux. Des précautions sont prises pour avoir exactement la température de l'eau.

On sait que l'eau du lac aux environs de Genève est à la sensation beaucoup plus froide par le vent du sud que par le vent du nord ; les observations thermométriques montrent que cette sensation n'est pas seulement un effet physiologique provenant du contraste avec la température de l'atmosphère, plus élevée par le vent du sud que par le vent du nord, mais que la température de l'eau est bien réellement abaissée. Cet effet est dû à ce que le vent du sud, lorsqu'il est assez fort et prolongé, favorise l'écoulement du lac par les couches inférieures en refoulant les couches supérieures plus chaudes dans le grand lac. En hiver, l'uniformité plus grande dans la température de l'eau à différentes profondeurs, n'amène pas des anomalies aussi prononcées, et ce sont au contraire les vents du nord qui produisent l'abaissement le plus considérable dans la température du Rhône, parce que les couches superficielles, refroidies au-dessous du maximum de densité de l'eau, sont chassées vers l'issue du lac.

Il résulte des observations thermométriques faites sur l'eau du Rhône, que cette eau est pendant 115 jours de l'année seulement plus froide que l'air, la différence la plus grande étant de 2°,5 au commencement du jour;

elle est plus chaude pendant 250 jours, la différence s'élevant à près de 6° au mois de décembre. En somme, dans l'année, la température de l'eau est de 1°,9 plus élevée que celle de l'air. Les chiffres extrêmes de la température de l'eau, observés dans le courant des huit années (de 1853 à 1860), sont : 0°,9 le 15 février 1854 (ce jour-là le Rhône était en partie couvert de glace à son issue du lac) et 24°,6 le 9 juillet 1859 ; soit 23°,7 pour l'amplitude maximum de l'excursion thermométrique.

Pression atmosphérique.

Des instruments météorologiques le plus parfait est le baromètre. Ses indications sont à l'abri des causes d'erreur dont il est souvent difficile de mettre à l'abri les indications du thermomètre ; elles donnent de plus un effet général, savoir l'état de la colonne atmosphérique entière située au-dessus de la station d'observation, tandis que les autres instruments ne donnent que l'état, au point de vue de la température et de l'humidité par exemple, de la couche d'air même où se trouvent ces instruments. Ainsi, indépendamment de l'utilité pratique qu'on en retire pour les questions de nivellement, les observations barométriques sont de toutes, celles qui peuvent contribuer le plus à l'avancement de la science météorologique en jetant de grandes lumières sur l'état général de notre atmosphère et sur les variations qu'elle éprouve dans sa constitution physique.

Cette question de la pression atmosphérique est une de celles qui ont le plus occupé M. Plantamour et auxquelles il a appliqué avec le plus de soin son esprit d'analyse et la remarquable sagacité avec laquelle il parvient à interpréter les résultats de l'observation.

Nous ne nous arrêterons pas sur les détails; nous nous bornerons à signaler les principales conséquences des observations faites régulièrement pendant 25 ans (de 1836 à 1860), les observations précédentes n'ayant pas pu par différentes causes servir à M. Plantamour en vue du but qu'il se proposait.

La hauteur moyenne du baromètre est de 727^{mm},05 en hiver, de 724,83 au printemps, de 727,46 en été et de 726,50 en automne; elle est de 726,46 pour l'année entière. Le baromètre baisse pendant 97 $^1/_2$ jours de l'hiver au printemps, il remonte pendant 107 $^1/_2$ jours; puis il redescend pendant 87 $^1/_2$ jours, puis remonte pendant 72 $^1/_2$ jours; la première oscillation, qui est en même temps la plus forte, comprend ainsi 205 jours et la seconde 160.

Notons encore que le baromètre, pendant l'année entière, est pendant 204 jours au-dessus de la moyenne et pendant 161 au-dessous. Les tableaux de la pression barométrique moyenne pour chacun des mois de l'année, montrent qu'elle est presque cinq fois plus variable en hiver qu'en été. L'amplitude moyenne des variations du baromètre est deux fois plus grande en hiver qu'en été, 26 millimètres au lieu de 13; en moyenne dans l'année elle est de 20 millimètres. Quant à la hauteur absolue, la date moyenne de son maximum est le 11 janvier, mais avec des variations assez grandes d'une année à l'autre; les limites des écarts probables, pendant un intervalle de vingt-cinq ans, s'étendent du 18 octobre au 6 avril. La date moyenne du minimum est de huit jours seulement postérieure à celle du maximum annuel, de sorte qu'on peut regarder le milieu de janvier comme l'époque de l'année où l'on trouve en moyenne la plus

forte hausse ou la plus forte baisse du baromètre. Le chiffre moyen du maximum annuel est de $741^{mm},41$ et celui du minimum annuel est de $704^{mm},90$. Le plus fort maximum observé a été de $745^{mm},95$ le 27 janvier 1854 et le minimum le plus fort a été de $700^{mm},16$ le 26 décembre 1856. L'amplitude totale observée dans les vingt-cinq ans (de 1836 à 1860) a été de $45^{mm},79$; elle aurait pu, d'après le calcul des probabilités, s'élever à $47^{mm},21$ sans dépasser les limites de l'excursion probable.

Enfin l'amplitude moyenne de l'excursion barométrique dans le courant d'une année est de $36^{mm},51$; en 1851 on ne trouve que $28^{mm},06$ de différence entre le maximum et le minimum de l'année ; en 1854 cette différence s'élève à $43^{mm},06$.

La partie, à notre avis, la plus intéressante de cette partie du travail de M. Plantamour est celle qui est consacrée à l'étude de la variation diurne du baromètre et à la recherche des causes de cette variation. Nous avons déjà vu que le baromètre est sujet à une variation annuelle ; il est probable qu'elle tient à des causes analogues à celles de la variation diurne, mais celles-ci étant plus faciles à apprécier, nous suivrons M. Plantamour dans l'analyse qu'il en fait.

La pression atmosphérique présente une double oscillation dans le courant des vingt-quatre heures, c'est-à-dire deux maxima et deux minima, et, sauf pendant les quatre mois de mai à août, quatre époques de la journée où la pression est égale à la moyenne des vingt-quatre heures.

A partir de minuit, le premier minimum a lieu en janvier, février, mars, octobre, novembre et décembre, à 3 h. $^1/_2$ du matin environ, le premier maximum à 9 h. $^1/_2$,

le second minimum à 3 h. $^1/_2$ après midi, le second maximum à 9 h. 20 m. du soir. Dans les six autres mois (d'avril à septembre) le premier minimum a lieu un peu avant 4 heures du matin, le premier maximum un peu avant 11 heures, le second minimum un peu après 3 h. après midi, et le second maximum entre 8 et 9 heures du soir. Il y a d'assez grandes différences, surtout dans les mois d'été, entre chaque mois, pour l'heure exacte de ces minima et de ces maxima. L'heure à laquelle la hauteur du baromètre est égale à la hauteur moyenne des vingt-quatre est 11 h. 57 m. en janvier, puis elle retarde dans les mois suivants jusqu'à avril, où elle est 1 h. 43 m. après midi, puis avance à partir de septembre, où elle est 1 h. 21 m. jusqu'à décembre, où elle est 12 h. 34 m. — Dans les mois de mai, de juin, de juillet et d'août, il n'y a pas de moment dans les vingt-quatre heures où la pression se trouve égale à la moyenne.

En résumé, en suivant les mois dans la moitié de l'année dans laquelle la température s'élève en même temps que la différence entre la température du jour et celle de la nuit augmente, on voit que :

Le premier minimum retarde graduellement.

Sa valeur absolue augmente.

Le premier minimum retarde et d'une quantité plus considérable.

Sa valeur absolue augmente, mais faiblement.

Le second minimum avance.

Sa valeur absolue est considérablement changée, en sorte que le signe de ce minimum devient positif.

Le second maximum avance.

Sa valeur absolue diminue.

Dans la seconde moitié de l'année, lorsque la tempé-

rature s'abaisse et que la différence entre la température du jour et celle de la nuit diminue, la marche des différentes phases du phénomène est renversée.

Cette influence de la saison est rendue encore plus frappante en comparant deux époques opposées de l'année. Ainsi, en hiver, l'oscillation diurne entre le maximum du matin et celui du soir diffère très-peu de l'oscillation nocturne entre le maximum du soir et celui du matin; la première de ces périodes est de 11 h. 49 m. et le mouvement total du baromètre de $1^{mm},59$; la seconde de ces périodes est de 12 h. 11 m., et le mouvement total de $1^{mm},33$. En été, au contraire, l'oscillation nocturne entre le maximum du soir et celui du matin est presque insignifiante comparativement à l'oscillation diurne entre le maximum du matin et celui du soir. La durée de la première de ces périodes est de 8 h. 59 m., et le mouvement total du baromètre de $0^{mm},57$, tandis que la durée de la seconde oscillation est de 15 h. 1 m. et le mouvement total du baromètre de $2^{mm},17$. Il est enfin à remarquer que le mouvement total du baromètre pendant les vingt-quatre heures est un peu plus considérable en hiver qu'en été; on trouve pour la somme des deux oscillations $2^{mm},92$ en hiver et $2^{mm},74$ en été.

Je suis obligé d'omettre bien des détails intéressants, mais j'ai hâte de passer à l'examen des causes qui peuvent produire ce phénomène si singulier de la variation diurne de la pression atmosphérique, phénomène lié sans aucun doute à la position du soleil par rapport à la terre, mais compliqué par le fait de l'existence de deux périodes ou d'une double oscillation dans les vingt-quatre heures.

M. Plantamour examine et discute avec soin les explica-

tions qui ont été données de cette variation diurne. Il en signale trois principales, qui toutes trois se rencontrent sur un point, savoir que la variation diurne de la température exerce une influence sur le phénomène en question, influence qui se manifeste par une diminution de pression correspondante à l'élévation de température pendant les heures les plus chaudes de la journée. Mais, sauf ce point sur lequel ils sont d'accord, MM. Kreil, Dove et Lamont, auteurs des trois explications dont nous allons parler, diffèrent sur tout le reste.

M. Kreil n'admet aucune influence de la température autre que celle qui se manifeste par le changement de la force élastique du milieu gazeux; il ne tient aucun compte de l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère pendant le jour et de sa condensation pendant la nuit, qui doivent être la conséquence des variations de température qui ont lieu dans les vingt-quatre heures. C'est l'action directe de la température qui explique la double oscillation du baromètre. Suivant lui, dans la première partie de la journée, les couches inférieures de l'air réchauffées par l'action directe du sol éprouvent une augmentation de force élastique qui se manifeste par une augmentation de pression sur le baromètre, laquelle se prolonge tant que le courant d'air chaud ascendant n'a pas encore acquis une force suffisante pour soulever les couches supérieures encore non réchauffées; celles-ci agiraient par conséquent comme un obstacle semblable à une paroi solide, qui s'opposerait à l'expansion de l'air. C'est précisément cette assimilation qui ne paraît pas admissible à M. Plantamour, et il cite à l'appui de son opinion une expérience faite sur sa demande par M. Marignac et qui montre que l'air ne peut agir comme M. Kreil

le suppose. Cette objection capitale nous autorise à ne pas suivre M. Kreil dans l'explication qu'il donne des deux minima et du second maximum, explication toujours basée sur des variations partielles de force élastique dans les couches de l'atmosphère, produites par les courants d'air ascendant ou descendant. D'ailleurs, lors même qu'on admettrait les idées très-contestables de M. Kreil à ce sujet, l'explication du maximum du soir et de la baisse nocturne qui le suit, serait loin d'être satisfaisante, ainsi que M. Plantamour le fait très-bien sentir.

M. Dove, contrairement à M. Kreil, fait jouer dans le phénomène de la variation diurne du baromètre, un très-grand rôle à la vapeur aqueuse, distinguant dans la colonne atmosphérique placée au-dessus d'un point quelconque deux parties, l'une formée d'air sec, l'autre formée de vapeur d'eau. On comprend que la pression de chacune de ces deux atmosphères présente une variation diurne dépendant pour toutes les deux de la variation diurne de la température, mais différente pour l'une de ce qu'elle est pour l'autre, puisque la loi qui régit l'action de la chaleur sur des milieux gazeux est très-différente, suivant que ces milieux sont des gaz permanents ou de simples vapeurs. Et comme la hauteur du baromètre indique la somme des pressions des deux atmosphères, on obtiendra le poids de l'air sec à une heure quelconque, en retranchant de la pression totale celle qui est exercée par la vapeur d'eau. Mais la difficulté qui se présente, c'est de déterminer la force élastique de la vapeur d'eau dans toute la colonne ; il ne suffit pas pour cela de la connaître au moyen d'un hygromètre placé à quelques pieds au-dessus du sol, comme le fait M. Dove, parce qu'on ne peut pas en conclure

l'état hygrométrique de toute la colonne atmosphérique. M. Plantamour montre, en effet, qu'on ne peut admettre que le décroissement de la vapeur d'eau suive la même loi que le décroissement du poids de l'air; il arrive à prouver par des observations faites à différentes hauteurs, que la loi est au contraire toute différente. On pourrait, pour se mettre à l'abri de cette objection, supposer que la force élastique de la vapeur d'eau agit dans un milieu ouvert communiquant avec l'air extérieur, de la même manière que dans un milieu clos par des parois solides formant un obstacle à son expansion. Cette supposition, semblable jusqu'à un certain point à celle de M. Kreil pour l'air, soulève les mêmes difficultés, et M. Plantamour, en discutant avec soin ce qui doit se passer dans les différentes heures de la journée, les fait toucher au doigt, en même temps que par une expérience directe il démontre que le procédé employé par M. Dove pour obtenir la pression de l'air sec, ne peut donner un résultat exact.

En un mot, la variation diurne de la tension de la vapeur observée près de la surface du sol, ne peut nullement servir de mesure à la variation de la quantité totale de vapeur qui se trouve dans l'atmosphère; cela résulte de la lenteur avec laquelle la vapeur se répand et se propage dans l'air lorsque ce mouvement n'est pas facilité par un courant, du rôle que les courants ascendants et descendants jouent dans le transport de la vapeur des régions inférieures aux régions supérieures, et réciproquement, enfin du refroidissement relativement plus grand des couches superficielles et de la condensation qui en est la suite.

Les résultats auxquels arrive M. Dove sont ainsi très-contestables, bien que dans un grand nombre de cas il

réussisse à transformer la double oscillation du baromètre dans les 24 heures, en une oscillation simple de la pression de l'air sec, parce que la quantité qu'il retranche de la hauteur du baromètre, pour tenir compte de l'humidité de l'air, n'est pas proportionnelle à la quantité de vapeur d'eau répandue au même instant dans toute l'atmosphère.

M. le docteur Lamont, qui est l'un des principaux auteurs des objections soulevées contre l'explication de M. Dove, a lui-même examiné de très-près la question, et il est arrivé à conclure qu'il fallait nécessairement, pour rendre compte de la double oscillation dans les 24 heures, attribuer au soleil dans les phénomènes de la variation diurne du baromètre, deux influences tout à fait distinctes : l'une dépendant de la température, l'autre d'une action directe du soleil lui-même. En effet, l'influence de la température ne peut, de quelque manière qu'on s'y prenne, produire qu'une seule des deux oscillations de la variation diurne, ou la période de 24 heures ; il faut donc une autre influence toute différente pour expliquer un phénomène dans lequel une période de 12 heures est clairement indiquée. Or l'influence directe du soleil que M. Lamont, sans se prononcer sur sa nature, désigne sous le nom « d'attraction électrique, » et dont la marée atmosphérique est le résultat, a une période de 12 heures.

M. Plantamour analyse et discute avec beaucoup de soin l'opinion du Dr Lamont, qui se trouve appuyée par des observations faites dans des stations différentes. En comparant, en particulier, celles de Genève avec celles faites au Grand St-Bernard, on arrive à reconnaître que le premier terme de la variation diurne du baromètre, celui qui représente l'effet de la température, est tout

différent au St-Bernard et à Genève, tandis qu'on trouve un accord dans le second terme qui représente l'effet direct du soleil. La grandeur de cette marée atmosphérique varie avec les différents mois ; ainsi, en comparant cette grandeur pour un grand nombre de stations, M. Lamont a trouvé que la marée est un peu plus grande aux équinoxes qu'aux solstices, ce qui a lieu également dans les observations de Genève et du St-Bernard ; mais on peut signaler une autre différence tenant à la distance du soleil à la terre ; dans toutes les stations la marée est moindre dans les mois de juin et de juillet, la terre étant près de l'aphélie, que dans les mois de décembre et de janvier, où la distance du soleil est plus petite.

La marée atmosphérique n'est point due, comme la marée océanique, à l'attraction ordinaire, parce que l'influence de la lune, prépondérante dans le second de ces phénomènes, est insensible dans le premier ; c'est ce que plusieurs savants ont établi, entre autres M. Lamont et M. Plantamour. Quelle est donc la nature de cette action? C'est ce qu'il est impossible de dire ; en la désignant sous le nom « d'attraction électrique, » M. Lamont a seulement pour but de la distinguer de la gravitation, sans vouloir par là préciser sa nature.

Il nous reste pour terminer l'analyse de l'important ouvrage de M. Plantamour, à examiner tout ce qui concerne les météores aqueux et les vents ; c'est ce que nous ferons dans un prochain article, renvoyant à ce moment l'appréciation de l'ensemble des résultats obtenus par le savant astronome de Genève.

A. DE LA RIVE.

NOTE

sur les

MŒURS DE QUELQUES REPTILES DU MEXIQUE

PAR

F. SUMICHRAST.

I. FAMILLE DES VARANIDES.

Genre Heloderma. Wagler.
Heloderma horridum, Wagl., Wiegm.
Escorpion des Créoles [1].
Tola-chini des Indiens Zapotèques.

Ce singulier saurien, unique représentant américain de la famille des Varanides, habite exclusivement la zone chaude qui s'étend du revers occidental de la Cordillère jusqu'aux rivages de l'océan Pacifique ; il n'a jamais été rencontré, à ma connaissance, sur la côte du golfe mexicain. Ses conditions d'existence le confinent dans les localités sèches et chaudes, telles que les cantons de Jamiltepec, Juchitan, Tehuantepec, etc.

Il est d'autant plus difficile d'observer les mœurs de l'Héloderme que cet animal, grâce à la vie sédentaire que

[1] On applique généralement au Mexique le nom de *Escorpion* à tous les Sauriens dont la morsure est considérée comme venimeuse.

lui imposent ses habitudes semi-nocturnes, échappe à une investigation suivie. Ajoutons que la frayeur extrême qu'il inspire aux indigènes n'a pas peu contribué à laisser son histoire dans l'obscurité. La démarche de ce reptile est excessivement lente et embarrassée, ce qu'expliquent du reste le peu de longueur et l'épaisseur relative des membres, aussi bien que le manque de flexibilité des articulations. Chez les individus très-vieux ou chez les femelles avant la ponte, le ventre acquiert un grand développement dans le sens latéral et traîne sur le sol, difformité qui ne laisse pas d'ajouter encore à l'aspect repoussant de cet être bizarre.

Ce sont, pour l'ordinaire, des trous plus ou moins profonds, creusés au pied des arbres ou sous un amas de détritus végétaux, qui servent de retraite à l'Héloderme. C'est là qu'il demeure, pendant la plus grande partie du jour, enroulé sur lui-même et dans une immobilité presque complète. Il ne sort guères de cet état de torpeur que le matin avant le jour, ou le soir, aux heures où les insectes terricoles rampent sur les sentiers des bois. Ainsi que le font pressentir la gêne et la lenteur de ses mouvements, l'Héloderme ne peut s'attaquer qu'à une proie facile. Sa nourriture se compose essentiellement d'insectes aptères, de lombrics, de myriapodes, de petites espèces de batraciens et parfois même de matières animales en putréfaction. Il est friand des œufs d'iguanes et il n'est pas rare de le rencontrer rôdant près des trous creusés dans le sable, où ces œufs ont été abandonnés à l'action des rayons solaires.

L'Héloderme est un animal *terrestre*, dans toute l'acception de ce mot, et son organisation est en rapport intime avec son genre de vie. Sa queue, arrondie et pe-

sante, ne pourrait en aucune manière lui servir d'instruments de natation, et ses doigts courts et épais ne sauraient lui permettre de grimper aux arbres. Aussi n'est-ce point dans le voisinage immédiat des rivières ou dans l'épaisseur des forêts qu'il faut chercher ce reptile, mais plutôt dans les endroits secs, à la lisière des bois ou dans les anciens défrichements, dont le sol est couvert de débris végétaux, de troncs pourris et de graminées. Sans avoir de preuves positives à cet égard, je ne serais pas éloigné de croire que ce saurien demeure, pendant un espace de temps plus ou moins long, plongé dans une sorte de léthargie *estivale* assez analogue à celle qu'on a observée chez les Alligators, en certains cantons de l'Amérique. Ce qui me conduit à cette supposition, appuyée d'ailleurs par ce que j'ai entendu dire aux indigènes, c'est que pendant la saison sèche (de novembre en juin) on rencontre très-rarement ce reptile, qui ne se laisse voir avec quelque fréquence que dans le temps des pluies.

Le corps de l'Héloderme exhale ordinairement une odeur forte et nauséabonde, dont l'intensité augmente à l'époque où les deux sexes se recherchent pour l'accouplement. Quand l'animal est irrité, il s'échappe de sa gueule une bave gluante et blanchâtre, secrétée par des glandes salivaires très-développées. Si on le frappe dans ce mouvement de colère, il finit par se renverser sur le dos, ce qui fait dire aux Indiens, comme un précepte à suivre en pareille circonstance : *qu'il faut toujours attaquer le scorpion de face, parce qu'il pique en arrière.* Cette manœuvre singulière, que l'Héloderme répète presque chaque fois qu'il est menacé, est accompagnée de *soufflements* profonds, aspirés avec force du gosier, et d'une sécrétion abondante de la salive gluante dont nous avons parlé.

Les indigènes considèrent la morsure de l'Héloderme comme excessivement dangereuse et la redoutent à l'égal de celle des serpents les plus venimeux, tels que le *Tepoxo* (Botrops atrox) ou le *Mazacoatl* (Atropos mexicanus)[1]. On m'a cité, à l'appui de cette prétendue propriété malfaisante, un grand nombre d'accidents, survenus ensuite de morsures de l'animal ou arrivés à des personnes qui auraient mangé sa chair, la prenant pour celle de l'iguane. J'aurais désiré pouvoir faire à cet égard quelques expériences concluantes ; malheureusement tous les exemplaires de l'Héloderme que j'ai pu me procurer pendant mon séjour dans les contrées qu'il habite, étaient tellement maltraités que la chose devenait impossible. Sans donner du reste le moindre crédit aux récits que j'ai recueillis des indigènes, je ne suis pas absolument éloigné de croire que la bave visqueuse qui découle de la gueule de l'animal, dans les moments d'excitation, ne soit douée d'une âcreté telle qu'elle ait pu, introduite dans l'économie, y occasionner des désordres dont la gravité aura sans doute été fort exagérée.

L'épaisseur des téguments qui protégent le corps de l'Héloderme et la dureté des tubercules écailleux dont ils sont recouverts, le rend presque insensible aux coups les mieux assénés et la mort ne survient d'une manière ins-

[1] Le *Tepoxo* ou *Tepocho* est assez commun dans la plupart des régions subalpines du Mexique ; l'espèce est sujette à un grand nombre de variations.

Le *Mazacoatl*, ce nom signifie *serpent-cerf* (da *Mazalt*, cerf et *coatl*, serpent) ; il lui a été donné à cause des écailles redressées en forme de petites cornes qui hérissent le bord supérieur des sourcils. Cet ophidien, moins commun que le précédent, habite aussi bien les terres chaudes et tempérées, que les régions plus froides.

tantanée qu'à la suite de blessures profondes faites avec un instrument tranchant ou une arme à feu. Le mouvement musculaire persiste fort longtemps après la mort, chez ce reptile, et s'il fallait en croire ce que rapportent les Indiens, il se prolongerait jusqu'à quarante-huit heures ou plus dans la tête séparée du tronc.

La couleur des taches semées sur le corps et les membres de l'*H. horridum* est sujette à des variations, dues à l'âge ou à la différence des localités. Ces taches passent du jaune blanchâtre au rouge-brun par une série de nuances intermédiaires; leur disposition, assez inconstante, ne peut guères fournir de caractères descriptifs précis. L'âge apporte aussi de grands changements dans la taille; elle atteint, chez quelques individus, jusqu'à près de cinq pieds.

II. FAMILLE DES IGUANIDES.

A. Genre IGUANA, Laur.

Iguana rhinolopha, Wiegm.
Iguana verde des Créoles.
Guchachi-guela [1] des Indiens Zapotèques.

B. Genre CYCLURA, Harlan.

Cyclura acanthura, Wiegm.
Iguana negra des Créoles.
Guchachi-chévé [1] des Indiens Zapotèques.

Quoique les deux espèces d'Iguanides dont la synonymie précède, appartiennent à des genres différents, j'ai cru

[1] Ces noms indigènes sont la traduction littérale des termes espagnols: Iguana verde et I. negra. — Le nom zapotèque de l'Iguane est Guchachi; *guëla* signifie vert, et *chévé*, noir.

devoir réunir dans un seul article les faits que j'ai pu recueillir sur leur histoire, afin de mettre en saillie les principaux traits d'organisation et de mœurs qui ont motivé la séparation des genres *Iguana* et *Cyclura.*

On trouve des représentants de ces deux genres de reptiles sur une grande partie du territoire de la République mexicaine, c'est-à-dire dans toute cette zone qui s'étend sur le littoral des deux océans et que l'on désigne sous le nom de *terres chaudes* (Tierras calientes). Les Iguanes proprement dits sont plus répandus que les Cyclures sur la côte orientale, circonstance qui s'explique aisément par le fait que cette partie du pays, sillonnée de cours d'eau et de petits lacs (laguna), et couverte d'une luxuriante végétation, offre aux animaux riverains les conditions biologiques les plus favorables. Le littoral du Pacifique, au contraire, est sec et sablonneux, disposition qui s'allie bien avec les habitudes plus terrestres des Cyclures et favorise leur multiplication.

L'Iguane verte (*Ig. rhinolopha.* Wiegm.) est assez semblable pour la taille, les formes et les couleurs à la *Ig. tuberculata*, du Brésil; comme cette dernière, elle a les côtés du cou parsemés de tubercules coniques, une grande écaille sous le tympan et une crête sur le dos et le cou; mais elle s'en distingue par la présence de trois ou quatre écailles relevées sur le museau. La couleur générale du corps est un vert plus ou moins foncé, avec des bandes transversales larges et irrégulières, de couleur sombre; les parties inférieures sont jaunâtres. Chez les individus très-adultes, la queue se colore d'une belle teinte sanguine.

Les dents maxillaires des Iguanes sont finement dentelées en scie sur leurs bords; cette conformation s'allie,

chez ces reptiles, à un genre d'alimentation exclusivement herbivore, ou pour mieux dire phyllophage. Je n'ai jamais trouvé, dans l'estomac des individus que j'ai préparés, autre chose que des feuilles ou des restes de baies molles, comme celles du *Goula-beri*[1]. Le sac intestinal acquiert parfois, grâce à la quantité de feuilles qui y sont entassées, un développement extraordinaire.

L'Iguane noire ou *Cycl. acanthura*, Wiegm., varie beaucoup pour le nombre et l'intensité des taches ou bandes qui se dessinent sur la couleur du fond. La description suivante, prise sur un individu frais, pourra donner une idée exacte de la coloration typique de cette espèce.

Mâle. — La couleur générale est un gris clair argentin, plus vif sur les parties supérieures et latérales du corps, où les taches sont plus espacées, et qui disparaît presque sous les nombreuses mouchetures sombres et confluentes qui couvrent les membres. Le dessus de la tête, la gorge et le dessous des pattes sont parsemés de petites taches irrégulières noirâtres; les écailles rostrales sont entièrement de cette dernière couleur. Du bord postérieur du trou tympanique, une longue et large tache, formée par l'agglomération de nombreuses macules, couvre l'épaule jusqu'en arrière des pattes antérieures. De ce dernier endroit jusqu'à la naissance de la queue, on peut distinguer six bandes transversales noires, formées sur les flancs de taches confluentes, et qui, après s'être partagées chacune en deux rameaux, vont se réunir,

[1] Cet arbrisseau, très-abondant dans les parties occidentales du Mexique, porte des baies à saveur sucrée et de consistance visqueuse, qu'on emploie dans la fabrication de l'indigo (anil) pour hâter la fermentation de la plante et la précipitation de la matière colorée.

sur la ligne médiane du dos, à celles du côté opposé. Sur le haut de la poitrine s'étend une large tache d'un beau noir qui occupe presque en entier l'intervalle entre les pattes antérieures. Ainsi qu'il a été dit, les membres sont tellement envahis en-dessus par les taches noires qu'ils paraissent de cette dernière couleur et parsemés d'anneaux irréguliers formés de macules claires. Le contraire a lieu à leur surface inférieure. La queue, de la couleur du fond, est traversée par dix ou douze anneaux, larges et confusément limités, d'un brun noirâtre. Les écailles relevées et comprimées, qui forment la crête dorsale sont colorées alternativement en gris et en noir, suivant la disposition des bandes latérales qui y aboutissent.

Quant aux dimensions du corps, elles sont très-diverses, suivant l'âge des individus. Celui sur lequel a été faite la description qui précède était un adulte, et m'a donné les longueurs suivantes : longueur totale : 0,75 — Id. de l'anus au menton, 0,27 — Id. de la rostrale aux premières écailles de la crête dorsale, 0,07. Je dois ajouter que ces dimensions sont celles d'un Cyclure de taille moyenne et qu'elles dépassent fort souvent les chiffres indiqués plus haut.

Les dents maxillaires du Cyclure noir ont leur vertex trilobé, et les bords latéraux sont dépourvus de cette fine dentelure qu'on observe à celles des Iguanes. Grâces à cette particularité, elles deviennent propres à triturer des substances plus dures ; on trouve, en effet, dans l'estomac des Cyclures des baies à noyau résistant et même des insectes. On m'a assuré aussi que, près des lieux habités, ces reptiles ne dédaignent pas de se nourrir d'excréments humains.

Les Iguanes sont des animaux plus riverains que les Cyclures, ce qui, du reste, est démontré par une simple comparaison des organes de ces deux genres de Sauriens. La queue des derniers, arrondie et couverte d'épines, leur serait un embarras plutôt qu'un secours dans l'acte de la natation, pour lequel, au contraire, celle des Iguanes, longue, mince et aplatie latéralement, est admirablement appropriée. Il résulte de cette différence que, tandis que les Iguanes sont invariablement fixés près des eaux, les Cyclures peuvent s'en éloigner beaucoup, sans que leurs conditions d'existence en soient altérées.

En traversant les forêts basses qui s'étendent à perte de vue sur les vastes plaines du Mexique occidental, on rencontre de loin en loin des clairières dont le sol nu et crevassé indique que ces bas-fonds ont été recouverts par les eaux dans la saison des pluies. Quelques arbres rabougris, dont le pied porte encore les traces du limon qui les a baignés, forment la seule végétation de ces lieux sauvages. C'est là que, à l'époque du carême, les Indiens vont chercher les Cyclures, dont la chair est considérée par eux comme un régal. Arrivés à la clairière, ils visitent avec le plus grand soin tous les trous, toutes les fentes des troncs, et il est rare que leur vue perçante ne leur fasse pas découvrir bientôt quelqu'un des pauvres animaux, objet de leur convoitise, enfoncé dans une de ces cavités ; le plus difficile consiste à le faire sortir de cette prison, où il est littéralement incrusté. Si le tronc n'est pas trop épais, quelques coups de *machete* (espèce de sabre) feront l'affaire : dans le cas contraire, l'Indien, avec cette patience caractéristique de sa race, cherchera à s'emparer du réfractaire, en le tirant peu à peu au dehors par le bout de la queue. Une fois saisi par le cou,

le malheureux Cyclure va subir une opération qui doit lui enlever tout moyen de défense et tout espoir de fuite Avec la pointe d'un couteau, le chasseur lui fend la peau des joues, le long de la mâchoire supérieure, et fait passer par cette fente un bout de liane mince et flexible, qu'il attache ensuite fortement sous le menton, de manière à paralyser tout mouvement de la mandibule. Cela fait, il arrache à moitié la dernière phalange de l'un des doigts, aux deux pieds antérieurs, les attache l'un à l'autre au moyen du tendon mis à nu et les fait passer par derrière la tête. La même opération se répète pour les pattes postérieures, qui vont se croiser aussi sur le dos. Ainsi garrotté, l'animal est incapable de mordre, d'égratigner ou de fuir. — On chasse aussi les Iguanes, à l'aide de chiens dressés à les poursuivre, ou en plaçant à l'entrée des trous où ils se retirent, des nœuds coulants, fixés à une branche d'arbre flexible, qui saisissent l'animal par le cou à sa sortie du terrier.

Dans la partie occidentale de l'isthme de Tehuantepec, où j'ai recueilli la plupart des faits consignés dans ces notes, on ne recherche comme partie alimentaire de l'Iguane verte que les œufs; aussi les chasseurs ne prennent-ils jamais les mâles de cette espèce, qu'ils désignent sous le nom de *Garobos*. La chair du *Cyclure à queue épineuse* est considérée au contraire comme un mets excellent et les œufs en sont fort prisés des gourmets indigènes. Ces œufs ont à peu près la même forme et la même grosseur que ceux de l'*Ig. rhinolopha* ; leur grand diamètre est de 0,031, le petit de 0,20. Dans plusieurs femelles de *Cyclura* que j'ai disséquées, du 15 au 20 mars, je trouvai de 32 à 34 œufs, parfaitement développés et placés bout à bout dans le double oviducte qui descend

des ovaires au cloaque. L'ovaire contenait, en outre, un nombre à peu près égal d'autres œufs, dans un état moins avancé, les uns d'un jaune orangé, en forme d'ellipsoïde aplati, et présentant au centre un renflement lenticulaire, et d'autres sphériques, plus gros et transparents, comme ceux des grenouilles.

Pendant une navigation sur le Rio Goazacoalcos, je fus témoin d'une singulière opération pratiquée sur une Iguane femelle. Un des Indiens qui manœuvraient la pirogue, ayant réussi à s'emparer de ce reptile, lui ouvrit le ventre, en retira soigneusement les œufs, objets de sa convoitise, et après avoir recousu la plaie, lâcha l'animal « dans l'espoir, disait-il, de le retrouver plus tard. » Dès le milieu du mois de mars, les Iguanes vertes commencent à pondre leurs œufs dans de grands trous creusés dans le sable. Une même excavation en contient parfois jusqu'à dix douzaines, que plusieurs femelles y déposent en commun. La même chose s'observe chez les Cyclures, avec cette différence que le nombre d'œufs ainsi déposés dans un éclosoir commun, ne dépasse guères six ou sept douzaines.

Prise jeune, l'Iguane s'apprivoise avec facilité et devient tout à fait familière avec la personne qui en prend soin; les adultes, au contraire, n'arrivent jamais à perdre en captivité leur sauvagerie naturelle. Ces animaux supportent une abstinence prolongée sans qu'on puisse observer, même après un long espace de temps, de diminution sensible dans leur poids. En maint endroit les indigènes, mettant à profit cette particularité, gardent les Iguanes comme provision de carême pendant plus d'un mois, après leur avoir cousu la bouche et attaché les pattes.

L'Iguane verte ne paraît pas redouter le voisinage des alligators (*Al. lucius*, Cuv.) qui abondent ordinairement dans les parages qu'elle habite de préférence ; le Cyclure noir, au contraire, semble les craindre beaucoup. Dans une de mes chasses sur le Rio Chicapa, j'en pris un vivant et l'attachai à la proue de la pirogue ; l'animal ayant réussi à se débarrasser de ses liens, se jeta aussitôt à l'eau pour gagner la rive, mais, au moment d'y arriver, apercevant un alligator étendu au soleil sur une petite grève sablonneuse, il rebroussa chemin vers l'embarcation en donnant des signes de la plus vive frayeur. En cette même occasion, j'eus sous les yeux de frappants exemples de la persistance de la vie chez les Iguanes et de leur force musculaire. Plusieurs de ceux que je tirais, quoique littéralement criblés de gros plomb à lièvre, avaient encore assez de force pour courir à la rivière et s'y plonger après avoir dégringolé du haut des arbres sur lesquels ils étaient étendus au soleil, d'une hauteur de vingt ou trente pieds.

G. Genre Basiliscus, Laur.

Bas. vittatus, Wiegm.
Pasarios des Mexicains.
Zumbichi des Zapotèques.

Ce charmant animal, dont les mœurs ne rappellent en rien l'être fabuleux que les Anciens avaient baptisé du nom de Basilic, est commun sur le bord de presque toutes les rivières des terres chaudes et tempérées du Mexique. C'est au printemps, dans la saison des amours, qu'il est le plus facile de l'observer, et c'est alors aussi que le mâle se fait remarquer surtout par l'élégance de ses

formes, la vivacité des couleurs de sa robe et la gentillesse de ses mouvements. Dès que le soleil a réchauffé l'atmosphère, il quitte sa retraite de la nuit et se met en quête d'une proie. Si au bord de l'eau s'élève un tronc d'arbre sec, on peut être presque certain d'y rencontrer, aux heures brûlantes du jour, un basilic en sentinelle. Le corps voluptueusement étendu comme pour absorber le plus possible de chaleur solaire, il demeure dans une quiétude parfaite; mais si quelque bruit vient à éveiller son attention, il redresse la tête, enfle sa gorge et agite rapidement le cimier membraneux dont son occiput est couronné. Son œil perçant, à iris d'un jaune sombre pailleté d'or, interroge les environs : si le danger est imminent, son corps, tout à l'heure flasque et mou, se détend comme un ressort, et d'un bond aussi rapide que l'éclair, il se jette à l'eau. En nageant, il hausse la tête et la poitrine; ses pattes antérieures fouettent l'eau comme des avirons, tandis que sa longue queue la sillonne comme un gouvernail. De cette habitude lui est venu le nom de *Pasarios* (passe-ruisseaux), qu'on applique aussi à tort à une espèce d'un genre voisin, le Corythophanes chamaleopsis.

A la fin d'avril ou au commencement de mai, la femelle pond dans un trou, au pied d'une souche ou d'un tronc d'arbre de 12 à 18 œufs, dont elle abandonne l'éclosion à la chaleur du soleil. Ces œufs, qui pour la forme et la couleur sont identiques à ceux des Iguanes, ont un grand diamètre de 0,020, le petit étant de 0,013. Les petits qui en sortent au bout de quelques jours sont très-différents des adultes pour les couleurs.

La nourriture du basilic se compose essentiellement d'insectes, qu'il attrape avec beaucoup de dextérité, lors-

qu'ils viennent se poser sur les branches basses, inclinées au-dessus des eaux, près de l'endroit où il se tient à l'affût.

L'âge et le sexe amènent quelques modifications dans la couleur des individus. La membrane occipitale et la queue, qui chez les femelles et les jeunes sont d'un jaune olivâtre, se teignent d'un beau rouge sanguin chez les vieux mâles.

D. Genre Corythophanes, Boié.

Cor. Chamæleopsis, Dum.
Chamæleopsis Hernandezii, Gray.
Chamæleo mexicanus, Hernandez.

Si l'espèce de casque osseux, qui caractérise ce reptile, n'était d'une nature bien différente de celui qui orne la tête du basilic, on serait tenté, à première vue, de rapporter le *Corythophanes* à ce dernier genre, tant il s'en rapproche pour la forme du corps. Mais chez le basilic, la proéminence occipitale ne consiste qu'en un cimier membraneux, soutenu intérieurement par une crête sagittale très-développée et à extrémité cartilagineuse, tandis que chez le *Corythophanes* elle est formée en entier par une expansion anormale des os du crâne. Le faciès de l'espèce qui nous occupe offre aussi quelques traits de ressemblance avec celui du caméléon d'Afrique, ce qui lui avait fait donner par Hernandez le nom de *Chamæleo mexicanus*.

Les couleurs du *Corythophanes* n'offrent pas ces brillantes teintes vertes, jaunes ou rougeâtres qu'on observe sur la robe du basilic, mais un mélange de tons bruns, fauves, noirs et blancs, qui ne laisse pas que de plaire.

J'ai observé que ces teintes n'étaient pas indifférentes à l'action de la lumière; un de ces reptiles que j'ai gardé vivant pendant plus d'un mois, présentait cette particularité que sa gorge, blanche pendant le jour, prenait dans la nuit une teinte sombre, aussi bien que toutes les régions claires du corps. Quoique d'un naturel fort vif, ce petit animal se laissait prendre et caresser à loisir. Lui passais-je à plusieurs reprises la main sur le flanc, il se couchait aussitôt comme magnétisé par cet attouchement. Si je répétais la même manœuvre sur le ventre, il croisait ses pattes antérieures, dans l'attitude de la prière, et tombait dans une immobilité parfaite. Il était devenu si apprivoisé qu'il accourait vers moi, pour prendre dans ma main les mouches et autres insectes dont il était friand.

Le *Corytophanes* n'est pas un animal riverain, comme les Iguanes et les Basilics. Il ne vit guères que dans les bois, parmi les rochers et se plaît surtout dans les forêts de chênes, où la couleur sombre de son corps, qui s'harmonise avec celle des feuilles sèches, lui permet de tendre avec succès des embuscades aux insectes dont il fait sa proie. Il est excessivement agile et, quand la fuite lui est permise, il est fort difficile de s'en emparer autrement qu'à coups de fusil. Quand il court, il relève le haut du corps presque verticalement, tout en fouettant le sol avec sa queue, ce qui lui donne alors une allure fort singulière.

La crédulité des Indiens n'a pas manqué d'attribuer à ce petit être si bizarrement joli des qualités extraordinaires. Tout en redoutant fort la piqûre inoffensive des épines qu'on remarque sur les côtés de sa tête, ils préconisent la vertu de son corps, desséché et porté en amu-

lette, contre le mauvais œil, *el aire*, et cette foule de maux surnaturels, fils de leur sombre et superstitieuse imagination.

Les *Corythophanes* ne sont communs nulle part, mais l'espèce qui fait le sujet de cette note habite, sur des points très-éloignés, les deux versants de la Cordillère. Je l'ai rencontrée, en effet, près des haciendas du Mirador et du Potrero (département de Veracruz), dans les grottes du Cerro de Santo Domingo (isthme de Tehuantepec) et dans les forêts de Gineta (département de Chiapas). Tous les exemplaires que je me suis procurés dans ces différentes localités étaient absolument identiques.

E. Genre Phrynosoma, Wagl.

Phr. orbiculare, Wiegm.
Caméléon des Mexicains.

Ce petit saurien, aussi curieux par sa physionomie que par ses mœurs, doit à cette circonstance d'avoir été connu des premiers observateurs qui ont parcouru le Mexique, et de plus d'avoir été ballotté dans les différentes classifications erpétologiques d'une famille à l'autre, jusqu'à ce qu'il soit venu prendre enfin sa place naturelle près des *Tropidolepis.*

Le Phrynosome, particulier aux régions froides et sèches du plateau mexicain, habite les endroits sablonneux et exposés au soleil, le bord des chemins et les collines arides, où la couleur terreuse de son corps le dérobe facilement aux regards. Mal bâti pour la course, il n'a rien de cette vivacité *lacertive* qui est devenue proverbiale; sa démarche est lente et gauche. A le voir cheminer péniblement sur le sable, on devine que le pauvre diable

aura bien du mal à se procurer le pain quotidien. Sa langue épaisse et collée au palais ne lui permet pas de la darder, comme le Caméléon, sur les insectes qui passent à sa portée; son ventre large et traînant l'empêchera d'attraper une proie à la course comme les sveltes lézards, ou une mouche au vol ainsi que les impétueux Anolis. Pour qu'il *soupe*, il faudra qu'un de ces lourds coléoptères des sables, aussi mal organisés que lui pour la locomotion, vienne, pour ainsi dire, chatouiller les dents de ce mélancolique chasseur. Cette sobriété forcée du Phrynosome lui a valu, de la part des indigènes, la réputation de se nourrir d'air.

Dépourvu de moyens de défense, il se laisse prendre sans même essayer de mordre la main qui l'a saisi. A plusieurs reprises j'ai gardé vivant quelqu'un de ces inoffensifs animaux; ils demeuraient ordinairement blottis dans un recoin de ma chambre, et s'ils venaient à disparaître parfois, j'étais certain de les retrouver bientôt dans mes souliers ou dans les poches de mes vêtements.

Il m'est arrivé à plusieurs reprises, en jetant dans l'alcool des femelles du *Phrynosoma orbiculaire* de voir immédiatement sortir les petits du cloaque au nombre de 10 à 12. J'ai fait la même observation à propos d'une espèce d'un genre voisin, le *Tropidolepis formosus*, et j'ai lieu de croire que la plupart des espèces mexicaines de Tropidolépides, celles du moins propres aux régions froides, sont de même ovo-vivipares.

Orizava, mai 1863.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

FRANCIS GALTON, F. R. S. METEOROGRAPHICA OR METHODS OF MAPPING THE WEATHER, etc. MÉTÉOROGRAPHIE OU MÉTHODES POUR REPRÉSENTER LE TEMPS SUR UNE CARTE, enrichie de plus de 600 figures imprimées et lithographiées, relatives au temps qu'il a fait dans une grande partie de l'Europe pendant le mois de décembre de l'année 1861.

Dans le courant de l'été de l'année 1861, M. Francis Galton avait adressé aux Sociétés météorologiques de l'Europe et aux observateurs particuliers, un pressant appel pour les engager à coopérer avec lui pendant tout le mois de décembre en vue de dresser des cartes représentatives des observations simultanées faites à 9 heures du matin, 3 et 9 heures du soir, sous la condition de se conformer aux unités anglaises pour le baromètre et le thermomètre, et aux spécimens de notations dont il envoyait des exemplaires aux hommes de bonne volonté.

En échange, il promettait l'envoi gratuit, à ses collaborateurs, des copies de ses cartes. J'ai été l'un d'eux, et je vais rendre compte du magnifique travail du savant secrétaire honoraire de la Société géographique de Londres. F. R. S.

Ce travail est publié sous la forme d'un album de 335 millimètres de longueur sur 265 de largeur. Il contient : 1° sept pages de texte sur deux colonnes ; 2° une carte de 148^{mm} sur 128, représentant la portion de l'Europe sur laquelle ont eu lieu des observations ; 3° une page destinée à faire comprendre la valeur

des signes et des notations adoptées pour la rédaction des cartes; 4° une page renfermant les noms des stations, leurs altitudes, la correction du thermomètre en raison de la hauteur, et les heures d'observation ; 5° 31 pages où l'on voit sur des cartes de mêmes dimensions que la première, et inscrites dans des rectangles dont le centre correspond à la position géographique de la station, *l'état du ciel*, *la pluie* ou *la neige*, *la température*, réduite au niveau de la mer, *la pression barométrique*, *la direction et l'intensité du vent*, *l'humidité de l'air;* les rectangles ont 6^{mm} de largeur, sur 8 $^1/_2$ de hauteur ; il a fallu un véritable tour de force pour y placer tant de choses d'une manière claire ; 6° une page avec une table de réduction des degrés Fahrenheit en centigrades et degrés de Réaumur, et des pouces anglais en millimètres, lignes de Paris et demi-lignes russes; 7° deux pages très-curieuses, où l'on trouve, pour les 31 jours du mois et pour les trois heures d'observations, dans de petits rectangles de 24^{mm} sur 19, des lithographies en rouge et en noir représentant la pluie, le vent, le thermomètre et le baromètre, par zones dans lesquelles le thermomètre et le baromètre ont donné des indications inférieures ou supérieures à des cotes déterminées; 8° enfin, 3 pages indiquant les changements survenus dans les grands courants d'air.

Les cartes, d'une grande netteté, reproduisent les observations de 80 stations comprises entre les méridiens passant à 22° ouest et 12° est du méridien de Greenwich, et les parallèles situés au nord de l'équateur à 42° et 62° de latitude. A part l'Angleterre, c'est l'Allemagne qui a donné le plus de renseignements; la France n'a rien fourni, et la Suisse a été représentée dans la série des cartes par Lausanne et Aarau. Je ne puis entrer ici dans le détail de tous les symboles, employés par M. Galton ; il faudrait beaucoup de mots pour exprimer ce que le dessin indique à première vue ; je me borne à donner quelques extraits de l'auteur, à analyser certains passages et à signaler les résultats obtenus.

« Par *Météorographie*, il faut entendre, premièrement l'art de « disposer en tableaux les observations faites simultanément dans

« un grand nombre de stations, chacune de ces observations étant « placée dans la position géographique du lieu où elle a été faite ; « et secondement, la transformation en dessins pittoresques des « résultats généraux fournis par les observations. »

. . . .

Aujourd'hui, on ne peut faire une étude scientifique du temps qu'au moyen de représentations météorologiques se rapportant à de grandes étendues de la surface terrestre. Grand est l'embarras des météorologistes lorsqu'ils veulent combiner les matériaux épars *chiffrés* et *écrits* dont ils sont encombrés. On compte en Angleterre et sur le continent plus de 300 observateurs habiles qui fournissent aux Sociétés météorologiques des masses de documents qu'il est fort difficile de se procurer, même à prix d'argent, et dont on ne peut tirer parti sans un labeur énorme et capable d'épouvanter les plus courageux. Ajoutez encore à toutes ces difficultés celles qui résultent des différentes unités de mesure, et vous comprendrez sans peine pourquoi la science météorologique ne marche pas avec la même vitesse que d'autres sciences.

Il faudrait que les grands instituts météorologiques entreprissent de débrouiller le chaos résultant des renseignements fournis sans unité et sans méthode, et alors la publication de leurs travaux sous une forme maniable et claire imprimerait un élan extraordinaire à l'étude scientifique de la météorologie.

La forme la plus convenable est celle de cartes analogues aux cartes géographiques, où les noms de lieux dans ces dernières seraient remplacés par des indications météorologiques inscrites dans un rectangle, dont le centre occuperait justement la position assignée à la station par sa longitude et sa latitude.

Croyant à la valeur des idées qu'il a émises ailleurs relativement aux cartes météorologiques et convaincu que le fait persuade plus facilement que les raisonnements, M. Galton, s'est décidé à faire lui-même un essai de son système, en imprimant

les données recueillies pendant un mois dans une grande partie de l'Europe. Il espère que les météorologistes, témoins du succès de son entreprise, se décideront à l'imiter dans l'avenir. Cette espérance sera certainement partagée par tous ceux qui ont vu l'ouvrage dont je rends compte. On peut dire qu'il est parfaitement réussi et qu'il serait bien difficile d'inventer des signes plus convenables, et des combinaisons plus ingénieuses, pour représenter des résumés météorologiques avec simplicité et clarté.

Je ne peux pas rapporter les explications minutieuses dans lesquelles entre M. Galton, à propos des cartes où il donne la direction des courants aériens par le moyen de courbes régulières, et je le regrette, parce que cette partie de son œuvre est l'une des plus intéressantes. Obligé de me restreindre, j'arrive aux résultats météorologiques qu'il a constatés.

« *Si l'on tire une ligne du lieu où le baromètre se tient le plus* « *haut au lieu où il est le plus bas, elle sera coupée invariablement* « *par la ligne du vent sous un angle sensiblement droit.*

« On remarque surtout que le vent *frappe le côté gauche* de « cette ligne considérée *comme tirée du lieu* où le baromètre est « le plus haut.

« Selon la théorie ordinaire et bien connue, le vent (dans « notre hémisphère), quand il est poussé *vers* un lieu où se font « de légers courants ascendants, *tourne* dans une direction *con-* « *traire* à celle du mouvement de l'aiguille d'une montre ; et « inversement quand le vent *s'écoule* d'un lieu qui est le centre « de lourds courants descendants, ou d'une atmosphère conden- « sée, il tourne dans la *même* direction que l'aiguille d'une « montre. »

Les cartes montrent, à la date des 10 et 11 décembre, qu'il peut y avoir des vents doux et un ciel clair dans le voisinage des lieux où sévissent de violentes tempêtes. Elles font donc apprécier la valeur des avertissements télégraphiques envoyés à une ligne entière de côtes par un office central, toutes les fois que les

coups de vent sont connus comme se manifestant à certaines stations particulières.

« Les aires de dépression et d'élévation barométriques sont « énormes et très-irrégulières dans leurs traits principaux. Elles « sont facilement accusées par les cartes lithographiées en *noir* « et en *rouge*. Il n'y a pas un cas dans lequel les cartes renfer- « ment en entier la largeur et la longueur de ces aires, et il y a « des cas où il n'y a pas seulement leur moitié qui y soit ren- « fermée, bien que la carte ait environ 1200 milles géographi- « ques en hauteur et 1500 en largeur. Elles ne se meuvent pas « régulièrement sillon après sillon, comme les vagues de la mer, « mais elles changent toujours leurs contours et leurs sections. « Elles varient aussi quant à la vitesse et à la direction de leur « mouvement de translation. En Suisse, où les montagnes re- « tardent l'équilibre de l'air, le baromètre semble très-irrégulier « au moins dans les stations en petit nombre que l'espace m'a « permis de placer dans mes cartes. Je crains, cependant, qu'il « y ait ici quelque malentendu provenant de ma demande de ré- « duction des observations barométriques au niveau de la mer et « à la température de 32° Fahr. Je ne doute pas que si ces irré- « gularités existent réellement, elles ne deviennent particulière- « ment instructives, lorsque les météorologistes suisses auront « réalisé leur projet d'établir 80 stations.

. . . .

« Les aires de calme sont toujours celles de la plus grande « hauteur barométrique, jamais celles des très-faibles hauteurs. « Elles sont invariablement les centres de tourbillons de vent, « ou sont situées entre des courants en lutte les uns avec les au- « tres. Les vents adjacents au calme sont presque toujours doux « et capricieux. »

. . . .

J. Marguet, prof.

R. Felici. Nouvelles expériences sur la vitesse de l'électricité et sur la durée de l'étincelle. Pise, 1863.

M. Felici a déjà décrit l'année dernière dans le *Cimento* un nouveau mode de mesure de la vitesse de l'électricité ; l'auteur publie maintenant les nouvelles expériences qu'il a faites après avoir modifié certaines parties de ses appareils.

Un disque de verre de 55^{mm} de diamètre, recouvert d'une couche très-mince de cire mêlée de plombagine, est divisé à sa circonférence en degrés par des traits qui laissent le verre à nu. Le pourtour du disque est ainsi composé de bandes alternativement opaques et transparentes, et on dispose un microscope normalement au plan du disque de façon à pouvoir les observer. Enfin un mouvement d'horlogerie fait tourner le disque avec une vitesse connue.

Durée de l'étincelle. Pour produire la décharge, on se sert d'un appareil de Lane dont l'armure intérieure est mise en communication avec le conducteur d'une machine électrique, et l'étincelle que l'on observe éclate entre deux pointes de platine recourbées en face l'une de l'autre et terminant deux conducteurs renfermés dans des tubes de verre parallèles. L'un des tubes peut se mouvoir par rapport à l'autre au moyen d'une vis de rappel de façon à faire varier l'écartement des deux pointes de platine.

On place les pointes de platine derrière le disque de verre de manière à éclairer par l'étincelle la portion du disque visible dans le microscope. L'appareil étant mis en mouvement, l'apparence des traits lumineux dépend de la durée de l'étincelle.

Lorsque le circuit dans lequel s'effectue la décharge a une longueur qui ne dépasse pas 5 ou 6 mètres, le disque tournant avec une vitesse de 228 tours par seconde apparaît comme s'il était immobile. Or à cette vitesse de rotation, un point de la circonférence sur laquelle sont tracées les divisions prend moins d'un demi-millionième de seconde pour décrire une division du mi-

cromètre du microscope, quantité facilement appréciable. Ainsi, avec cette longueur du circuit, l'étincelle dure moins d'un demi-millionième de seconde.

Lorsqu'on augmente la longueur du circuit jusqu'à 30 ou 40 mètres, et que la distance explosive ne dépasse pas 3 ou 4 millimètres, les traits lumineux s'élargissent et leurs bords ne s'accusent plus nettement. L'apparence du disque est assez variable suivant l'intensité de la lumière et la vitesse de rotation, mais offre ce caractère constant qu'à partir du côté où la lumière est la plus intense, l'intensité ne va pas en décroissant peu à peu, mais d'une manière discontinue par bandes successives de largeur à peu près constante. Cette discontinuité est d'autant mieux accusée que la tension de la charge est plus petite par rapport à la quantité. Ces expériences sont une nouvelle démonstration de la discontinuité de l'étincelle étudiée récemment par M. Feddersen.

Sans rien changer au reste du circuit de la décharge, on peut, en augmentant la distance explosive, diminuer la durée de l'étincelle et arriver à la rendre instantanée ; il faut pour cela que les pointes de platine soient nettoyées avec soin. On voit alors, à mesure que l'écartement augmente, les bandes les plus pâles disparaître successivement et finalement le trait transparent apparaître comme si le disque était immobile. Il est donc possible, quelle que soit la longueur du circuit, d'obtenir une étincelle donnant un trait nettement défini, et c'est ce résultat qui a permis à l'auteur de procéder aux expériences suivantes.

Vitesse de l'électricité. Pour mesurer la vitesse de propagation d'une décharge électrique, M. Felici développe dans un circuit suffisamment long une décharge induite. L'instant où agit la force électromotrice est donné par l'étincelle inductrice dans un circuit de peu de longueur ; à partir de cet instant, la décharge induite se propage jusqu'au point du circuit induit où se trouve placé l'appareil à étincelles, et le temps qui s'écoule entre l'apparition des deux étincelles successives donne la mesure de la vitesse de propagation.

Dans ces expériences, aucun des fils employés n'était recouvert de substance isolante. La bobine inductrice est formée par un fil de cuivre de 3^{mm} de diamètre roulé en spirale sur un cylindre de verre de 7^{cm} de diamètre ; la longueur totale du fil, y compris les portions qui servent à relier la spirale à l'appareil à étincelles, est de 30^{m}. La bobine induite est formée par un fil de 1^{mm} de diamètre roulé sur un cylindre de 10^{cm} ; la longueur du fil de cette spirale est à peu près la même que pour l'inductrice ; le reste du circuit induit a 632^{m} de long, c'est-à-dire qu'il y a 316^{m} entre l'extrémité de la bobine induite et la pointe où éclate l'étincelle.

Le champ du microscope est partagé en deux parties par une lame de mica placée derrière le disque normalement à son plan et dans une direction perpendiculaire aux traits de la division ; et les choses sont disposées de telle sorte que l'étincelle induite se produit d'un des côtés de la lame et l'inductrice de l'autre. Cela étant, la spirale inductrice est placée dans l'intérieur de l'induite, une bouteille de Leyde fait partie du circuit inducteur, et on observe le disque tournant au moment de la décharge. Si les deux étincelles se produisent simultanément, le disque apparaît comme s'il était immobile, c'est-à-dire que les deux parties du trait lumineux séparées par la lame de mica sont dans le prolongemeut l'une de l'autre ; c'est ce qui a lieu, lorsqu'on ne donne au circuit induit qu'une largeur à peu près égale à celle de l'inducteur ; mais en introduisant les 632^{m} de fil, le temps devient appréciable, et la partie supérieure du trait, illuminée par l'étincelle induite, se déplace dans le sens du mouvement par rapport à l'autre. C'est la mesure de ce déplacement qui permet d'évaluer le temps écoulé entre les deux étincelles et, par conséquent, le temps employé par l'électricité pour se propager de la spirale induite au point où l'étincelle éclate. M. Felici arrive ainsi à trouver pour la vitesse de l'électricité le nombre 260,000 kilom. par seconde. L'auteur rappelle les résultats suivants obtenus précédemment :

Wheatstone	460,800 kilom.
Fizeau et Gonelle	180,000 »
Astronomes de Greenwich et d'Edimbourg	12,200 »
» » » » de Bruxelles	4,300 »

NOTICE SUR UN GRÊLON D'UNE FORME PARTICULIÈRE,
par J.-B. SCHNETZLER.

Le 28 juillet 1862, à 1 heure de l'après-midi, j'observai à Morgins (Bas-Valais) une chute de grêle, précédée d'un coup de tonnerre semblable à l'explosion d'un canon ; le vent soufflait du S.-O. La plupart des grêlons tombés étaient de forme arrondie, un peu aplatis ; mais l'un d'eux présentait une forme particulière ; c'était un disque un peu bombé vers le centre, d'un diamètre de 2 centimètres et demi ; l'épaisseur était de deux millimètres. Il était formé d'un ruban de glace enroulé sur lui-même autour d'un noyau opaque, présentant ainsi l'aspect d'une coquille de Nummulite dont les derniers tours seraient allés en s'élargissant. Ce grêlon avait subi évidemment au moment de sa formation un mouvement de rotation. Morgins est situé à 1411 m. (4344') au-dessus du niveau de la mer, au débouché de trois vallées.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr AUG. WEISMANN. DIE ENTWICKLUNG etc. LE DÉVELOPPEMENT DES DIPTÈRES DANS L'ŒUF. (*Zeitschrift f. wiss. Zoologie*, Bd. XIII, et à part sous le titre : *Beitræge zur Entwicklungsgeschichte der Insecten.* Leipzig, 1863.) — LE MÊME. SUR LA FORMATION DE L'INSECTE PARFAIT DANS LA LARVE ET LA NYMPHE (*Ueber die Entstehung des vollendeten Insects in Larve und Puppe.* Habilitationsschrift in-4°. Frankfurt a. M. 1863.) — CH. ROBIN. MÉMOIRE SUR LA PRODUCTION DU BLASTODERME CHEZ LES ARTICULÉS. (*Journal de la physiologie,* 1862, p. 348.)

L'embryologie des diptères a été très-peu étudiée. Seuls jusqu'ici, M. Kœlliker et M. Leuckart l'avaient abordée. Mais les

recherches du premier, consignées dans sa dissertation inaugurale, sont déjà un peu anciennes, et celles du second ont eu pour objet un type à développement exceptionnel, celui des pupipares. Aussi voyons-nous avec plaisir un observateur consciencieux comme M. Weismann, reprendre cette étude et la poursuivre avec soin dans ses détails. Les résultats auxquels il est arrivé sont consignés dans les deux remarquables monographies que nous avons sous les yeux.

L'évolution embryologique a été étudiée par M. Weismann chez des tipulaires culiciformes (Chironomus), des muscides (*Musca vomitoria*) et des pulicides (*pulex canis*). Nous nous tiendrons plus particulièrement dans ce compte rendu aux faits concernant les premiers de ces diptères, pour passer ensuite plus rapidement les autres en revue.

Les premiers phénomènes d'évolution dans les œufs des Chironomes consistent dans la formation d'un blastoderme sans segmentation préalable. Ce grand fait de l'absence de segmentation déjà signalé pour d'autres articulés par MM. Kœlliker, Zaddach, Rathke, Leuckart, Claparède, se retrouve donc chez les diptères. M. Ch. Robin l'a reconnu également chez les tipulicides d'une manière entièrement indépendante, puisqu'il crut, dans ses premières publications relatives à ce sujet, pouvoir annoncer l'absence de segmentation chez les arthropodes comme un fait entièrement nouveau.

S'il est aujourd'hui constant que la segmentation proprement dite fait défaut chez les œufs des arthropodes, le mode de formation du blastoderme dans ces œufs n'en est pas moins encore sujet à discussion. D'après M. Robin, la production des cellules du blastoderme aurait lieu d'une manière toute spéciale. Près de l'un des pôles de l'œuf[1], il a vu se former par une sorte de germination des cellules polaires auxquelles il a consacré une

[1] Ce serait le pôle céphalique chez les mouches, d'après M. Robin, mais M. Weismann assure qu'il s'agit au contraire du pôle opposé.

grande attention dans un mémoire spécial[1] et qui paraissent identiques avec les fragments que de nombreux observateurs ont vus s'isoler du vitellus pendant la segmentation chez divers animaux (*Richtungsblæschen* de Friedr. Müller). Après l'isolation de ces globules polaires, le blastoderme apparaissait comme un mamelonnement de la surface du vitellus, chaque mamelon s'individualisant par séparation de sa base de la masse hyaline du vitellus et devenant une cellule dépourvue de nucléus. Après la formation de cette première couche de cellules sur toute la surface de l'œuf, une seconde couche se formerait immédiatement au-dessous et de la même manière. M. Weissmann a vu les choses se passer d'une manière un peu différente, et l'analogie avec ce qui se passe chez d'autres articulés permet de croire qu'il ne s'est pas trompé. Sur toute la surface de l'œuf il a vu se différencier une couche homogène qu'il appelle la blastème blastodermique. Dans ce blastème apparaissent de nombreuses petites taches claires et rondes (nucléus), et ce n'est qu'après leur apparition qu'on voit la surface du blastème s'élever en mamelons correspondant à ces taches. Chaque mamelon devient une cellule dont la tache est le nucléus. Les cellules polaires se forment de la même manière. M. Leuckart chez les Mélophages et M. Claparède chez les Araignées ont vu également l'apparition des noyaux clairs précéder celle des cellules ; il est donc intéressant de constater le même mode de formation chez les tipulaires. Au fond, les observations de M. Robin s'écartent moins de celles de M. Weissmann qu'il ne le semble au premier abord. La seule différence essentielle tient à ce que M. Robin n'a jamais aperçu les noyaux chez les tipulaires culiciformes, et qu'il ne les a découverts chez les muscides qu'après le mamelonnement de la surface du vitellus. A tout prendre, il y a un accord incontestable dans l'observation des faits les plus importants relatifs à la formation du blastoderme chez les articulés. En revanche, il y a désaccord quant

[1] *Mémoires sur les globules polaires de l'œuf*, par le D[r] Ch. Robin. — *Journal de la physiologie*, 1862, p. 149.

à la manière théorique d'interpréter ces faits. Selon MM. Leuckart et Claparède, on pourrait envisager le phénomène de la formation du blastoderme chez les articulés comme une sorte de segmentation d'une mince couche superficielle du vitellus; selon M. Robin, ce serait une gemmation de la surface du vitellus; enfin, selon M. Weismann, il s'agirait d'une formation libre de cellules (à la manière de M. Schwann) dans le blastème blastodermique, c'est-à-dire à la surface du vitellus. Ce sont là au fond des divergences purement théoriques.

Une différence plus importante entre les observations de M. Robin et celles de M. Weismann est la suivante : le blastoderme étant formé d'une première couche de cellules, M. Robin en fait naître une seconde immédiatement au-dessous. D'après M. Weismann cette prétendue seconde couche ne serait qu'une accumulation de protoplasma (blastème blastodermique), qui serait absorbé peu à peu par l'unique couche de cellules formant le blastoderme.

Le blastoderme apparu, l'œuf présente une série de phénomènes qui ont pour résultat la formation d'une bandelette primitive (*Keimstreif*) ou rudiment embryonnaire. Cette formation est accompagnée chez les Chironomus d'une déchirure du blastoderme[1], déchirure que M. Zaddach a déjà signalée chez les Phryganides, mais que M. Leuckart et M. Claparède ont niée chez les Mélophages et les Araignées. M. Weismann est fort disposé à croire que chacun de ces observateurs a eu raison dans ses affirmations. En effet, après avoir constaté la déchirure du blastoderme chez les Chironomus, il a reconnu lui-même qu'aucune déchirure n'a lieu chez les Muscides. Il a été conduit par-là à distinguer les bandes primitives *regmagènes* des bandes primitives *aregmagènes*.

[1] L'acte même de la déchirure paraît entraîner une rotation de l'embryon égale à 180° M. Weismann a observé d'ailleurs une seconde rotation toute semblable à une époque postérieure du développement.

A peine le rudiment embryonnaire (bande primitive) commence-t-il à apparaître qu'on voit s'élever un repli transversal de sa surface soit à l'extrémité céphalique, soit à l'extrémité caudale. Ces deux replis croissent au devant l'un de l'autre en recouvrant le rudiment embryonnaire et finissent par se souder l'un à l'autre : il en résulte que tout le rudiment embryonnaire se trouve recouvert par un mince feuillet auquel M. Weismann a donné le nom de feuillet de plissement (*Faltenblatt*). Lorsque plus tard le rudiment embryonnaire se fend dans toute sa longueur pour former les bourrelets ventraux caractéristiques du développement des arthropodes, ce feuillet ne prend d'abord aucune part à cette division et reste pendant quelque temps tendu au dessus de la fissure ; il finit cependent par se fendre, en partie tout au moins ; ses moitiés se soudent avec les bourrelets ventraux et son extrémité antérieure forme les plaques sincipitales (*Scheitelplatten*, lobes procéphaliques de MM. Huxley et Claparède).

Nous ne pouvons poursuivre M. Weismann dans l'étude de la formation des protozonites des différents appendices. Remarquons seulement que , de même que chez d'autres insectes, des parties fort différentes concourent ici à la formation de la tête, à savoir la partie céphalique (ici hélicoïdalement enroulée), des bourrelets ventraux, les plaques procéphaliques, et sur la ligne médiane le sinciput (*Vorderkopf*). Cette dernière pièce forme plus tard le clypeus et le labre. Remarquons aussi que la tête porte trois paires d'appendices buccaux, dont la postérieure (secondes maxilles, tritognathes) forme plus tard par soudure une pièce impaire, la lèvre inférieure. Ce détail est à noter, car chez les Phryganides (Zaddach) et les Araignées (Claparède) la lèvre inférieure ne paraît pas être un organe appendiculaire.

Enfin il est intéressant de noter qu'à la fin de la vie embryonnaire les restes non assimilés du vitellus ne sont pas renfermés seulement dans la partie moyenne de l'intestin [1], mais forment

[1] Cette partie moyenne se développe indépendamment de la partie anale et de la partie buccale du canal intestinal.

en outre comme deux rubans sur les côtés de l'appareil digestif, dans la cavité périviscérale. Ces rubans deviendront plus tard les corps graisseux. Pour ce qui concerne la formation des autres viscères nous devons renvoyer à l'original.

L'évolution des muscides (*Musca vomitoria*) rappelle dans ses traits essentiels celle des Chironomes, mais elle présente des conditions souvent moins favorables à l'étude microscopique. La formation du blastème blastodermique, des cellules polaires et du blastoderme, a lieu de la manière que nous avons indiquée plus haut. Dans le commencement les cellules du blastoderme sont dépourvues de membrane et consistent en de simples masses de protoplasma renfermant un nucléus. A cette époque M. Weismann a vu se passer dans l'œuf un phénomène singulier, celui de la pénétration des cellules encore dépourvues d'enveloppe par de nombreux granules vitellins. Le blastoderme d'abord transparent devient opaque à la suite de cette pénétration et c'est alors seulement que les cellules qui le constituent s'entourent d'une membrane.

Une des particularités les plus saillantes du développement, des mouches, c'est que les parties primitives de la tête sont aussi complètes chez elles que chez les tipulaires, quoique les larves de muscides rentrent dans la catégorie des larves dites acéphales, chez lesquelles le segment céphalique ne se distingue presqu'en rien des segments suivants. M. Weismann retrouve en particulier chez les embryons de la *Musca vomitoria* toute la série des organes appendiculaires normaux, non-seulement les mandibules et deux paires de maxilles, mais encore des palpes maxillaires et des antennes. Il est vrai que ces organes s'atrophient ou disparaissent pendant la suite du développement embryonnaire et qu'on n'en reconnaît que de faibles vestiges au moment de l'éclosion. Tout le sinciput (*Vorderkopf*) et le segment céphalique antérieur, c'est-à-dire le segment porteur des mandibules, ne tardent pas à s'invaginer dans la cavité buccale où ils forment le pharynx si puissant et si caractéristique des larves des muscides

avec son armure. Les deux mandibules se soudent en une seule pièce, la dent impaire de l'armure du pharynx. Cette dent n'existe que chez les jeunes larves. La première mue la fait disparaître. Quant à la paire de crochets qui existe en outre dans l'armure buccale des muscides, ce serait à tort, selon M. Weismann, que la plupart des auteurs l'avaient tenue pour des mandibules rudimentaires. Ces crochets sont, en effet, placés à la surface dorsale du pharynx, tandis que les mandicnles (dent impaire) appartiennent à la paroi ventrale de cet organe. Les crochets pairs seraient de simples reliefs de la cuticule. La dent impaire sert à la jeune larve à déchirer l'enveloppe de l'œuf, comme la dent embryonnaire des couleuvres. Une fois libre, le petit ver ne prend plus que de la nourriture liquide et n'a plus besoin d'appendices buccaux. Déjà avant l'éclosion les maxilles de la seconde paire se sont soudées pour former, comme chez les autres insectes, la lèvre inférieure ; celles de la première paire se sont soudées également ensemble pour former une espèce de labre muni, il est vrai, de petits appendices palpiformes (palpes maxillaires) propres à rappeler son origine anormale. Quant au véritable labre, il a disparu par suite de son invagination dans le pharynx avec la mandibule.

La place nous manque pour suivre M. Weismann dans l'étude de la formation des différents appareils organiques. Relevons seulement quelques faits relatifs à la naissance des trachées. M. Meyer paraît avoir eu fort raison en attribuant aux gros troncs trachéens, un mode génétique différent de celui des dernières ramifications des trachées. Les troncs trachéens apparaissent d'abord comme des cordons de cellules embryonnaires dans l'axe desquels se creuse la cavité de la trachée. Ces cellules sécrètent la tunique intime, membrane chitineuse d'abord homogène, puis indurée partiellement de manière à donner naissance au prétendu fil spiral[1]. La fable de la triple tunique trachéenne doit donc être définitivement abandonnée. Les ramifications les plus fines des tra-

[1] Les observations de M. Weismann sur la structure des trachées confirment entièrement celles de M. Leydig.

chées se forment tout autrement, à savoir dans *l'intérieur de cellules*, comme M. Meyer et M. Semper l'avaient déjà présumé.

La seconde monographie de M. Weismann est consacrée à la formation de l'insecte parfait (diptères) dans la larve et la nymphe. Elle met sous nos yeux des résultats bien dignes d'attention.

Déjà Swammerdaum reconnut sous la peau d'une larve de cousin les membres de la nymphe ou de l'insecte parfait. M. Burmeister et M. Agassiz ont fait des observations analogues sur des chenilles. Ce dernier, en particulier, constata que les appendices locomoteurs et les antennes sont dans le principe formés de segments indépendants les uns des autres, et que les ailes se présentent sous la forme de petites vésicules aplaties. Toutefois le mode de formation de ces organes était resté jusqu'ici entièrement obscur et il était réservé à M. Weismann de le faire connaître.

Les recherches de cet observateur nous enseignent que les appendices de l'insecte parfait (chez les mouches) n'ont aucune relation directe avec la peau de la larve. Chaque appendice se forme pour son compte avec la partie de la paroi thoracique ou céphalique y afférente, d'une manière tout indépendante et cela dans l'intérieur même de la larve. Il ne peut plus être question d'une transformation des parties de la larve en parties correspondantes de l'insecte parfait, car les parois du corps et leurs appendices se forment entièrement à nouveau et apparaissent sous la forme de plusieurs pièces distinctes qui se soudent plus tard ensemble. Ces pièces existent dès les stades les plus jeunes de la vie lorvaire sous la forme de masses cellulaires qui rappellent l'apparence des ganglions nerveux. Plusieurs d'entre elles (yeux, antennes, quelques pattes ambulatoires) se forment sur le trajet de certains nerfs, d'autres (ailes, balanciers) paraissent être des excroissances de l'enveloppe connective (tunique péritonéale) de certaines trachées. La pièce oculaire prend peu à peu une forme sphérique. Les rudiments des autres parties prennent l'apparence de disques dont la masse celluleuse d'abord homogène est susceptible (suivant les organes à former) de se différencier de trois

manières : ou bien cette masse celluleuse se transforme en une membrane plissée (ailes, pièces thoraciques), ou bien elle se découpe par un sillonnement spiral pour former un cordon celluleux unique (antennes, pieds, cornes à stigmates des mouches), ou bien enfin elle s'étrangle en plusieurs cordons ramifiés (branchies trachéennes des Simulies et des Chironomes). Chacun des trois segments thoraciques se forme par deux paires de disques, l'une tergale, l'autre ventrale. Les disques ventraux développent comme appendices les pattes et comme partie basilaire les arceaux ventraux des segments thoraciques. Les disques tergaux développent comme partie basilaire les arceaux tergaux des segments, et comme appendices pour le prothorax les cornes à stigmates (ou, cas échéant, les branchies trachéennes), pour le mésothorax les ailes, et pour le métathorax les haltères (balanciers soit cueillerons).

Ces résultats sont si surprenants qu'il est permis d'attendre avec impatience les travaux que M Weismann annonce sur d'autres ordres que celui des diptères. Si le même mode de formation devait se retrouver chez tous les insectes, il serait permis de concevoir autrement que ne l'ont fait Audouin et ses successeurs la subdivision du segment typique en plusieurs pièces.

Une particularité de l'appareil reproducteur male chez l'Accentor alpinus, par Victor Fatio.

L'*Accentor alpinus*, un des jolis passereaux de nos Alpes, nous montre, dans la simple comparaison des divers états de son appareil reproducteur à différentes époques, une curieuse complication du plan ordinaire de cet appareil chez les oiseaux. A l'approche des nichées, soit fin mai ou commencement de juin, et comme chez tous les oiseaux à l'époque du rut, les testicules de l'accenteur prennent un grand développement; ils arrivent même chez lui à des proportions si exagérées qu'ils mesurent alors le tiers des dimensions du tronc.

Le testicule gauche, un peu plus fort que le droit, égale $0^m,02$ en longueur, sur $0^m,0115$ en largeur, tandis que le tronc entier n'atteint qu'à $0^m,06$ en longueur. Au côté interne de chacune de ces énormes glandes, des épididymes peu développés donnent ensuite naissance à des canaux déférents qui, arrivés en droite ligne à la hauteur de la région cloacale, ne se terminent plus ici suivant le mode habituel.

Les conduits déférents de l'accenteur, au lieu d'aller directement s'ouvrir dans le cloaque, s'entortillent à ses côtés en deux gros pelotons compactes; ces pelotes séminifères presque ovoïdes, enveloppées par un feuillet dérivé de la membrane péritonéale, pendent comme des sacs, de chaque côté de l'anus, dans des poches formées au-dessous de la peau du corps et soutenues par les os du pubis.

Les pelotes, égales entre elles, mesurent $0^m,012$ suivant leur grand diamètre parallèle à l'axe du corps et $0^m,008$ suivant leur petit diamètre. Après cet enchevêtrement presque inextricable, et représentant au moins un mètre de conduit enroulé, le canal déférent se libère vers le tiers inférieur de la face interne de chaque sac; de là remontant un peu en arrière, il finit par venir, après quelques nouveaux contours, s'ouvrir enfin dans le vestibule commun, à l'extrémité d'une petite papille sexuelle et non loin des ouvertures urinaires.

En automne, soit en novembre, l'accenteur mâle n'a plus que de très-minimes testicules, mesurant tout au plus $0^m,0025$ de long sur $0^m,0015$ de large; ses conduits déférents qui ne possèdent plus qu'un très-petit renflement de leur canal, comme cela se trouve chez beaucoup d'oiseaux, viennent enfin, en convergeant, s'ouvrir presque directement dans le vestibulum commune. Plus de pelotonnement, plus de sacs, la peau du corps s'est retirée; ces organes si particuliers et si développés, ont complétement disparu. Les pelotes symétriques qui pendaient au printemps sous la queue de l'accenteur, ne rappellent-elles pas un peu, par leur position, les testicules d'animaux supérieurs, et leur disparition

complète, les nichées une fois finies, ne présente-t-elle pas aussi quelque peu d'analogie avec les montées et descentes périodiques de ces glandes chez certains mammifères? Il serait intéressant, je crois, d'arriver à la connaissance de la fonction particulière qui expliquerait, en la nécessitant, une complication si curieuse du conduit déférent.

Il est bien à présumer que d'autres espèces présentent aussi le cas que je viens de décrire, mais je ne l'ai jusqu'à présent observé chez aucune autre, et n'en ai non plus trouvé aucune citation.

Thomas HINCKS. ON THE PRODUCTION, etc. SUR LA PRODUCTION DE GONOZOIDES SEMBLABLES SUR DES POLYPES HYDROIDES APPARTENANT A DEUX GENRES DIFFÉRENTS (*Annals and Mag. of. nat. hist.* Déc. 1862, p. 459).

Le mémoire de M. Hincks a pour but d'établir le fait bien inattendu que le gonozoïde (médusoïde) d'une Stauridie (*St. producta* St. Wright) et celui d'une Coryne (*C. eximia* Allm.) ne peuvent être aucunement distingués l'un de l'autre. Ces gonozoïdes sont des Méduses du groupe des Sarsiades. Ce fait est en droit de surprendre le zoologiste autant que la découverte de fleurs identiques sur deux arbres de genres différents surprendrait le botaniste. Telle est du moins la remarque de M. Hincks. Nous observerons cependant à ce propos qu'un botaniste ne pourrait jamais faire semblable découverte, parce qu'on a bien soin de ne pas négliger la fleur dans la caractéristique des genres en botanique. Les botanistes n'ont jamais songé à établir deux classifications, l'une basée sur l'étude des plantes avant la floraison, l'autre sur l'étude des fleurs. Or, c'est pourtant là ce que font les zoologistes pour les acalèphes en adoptant une classification pour les hydroïdes et une autre pour les médusoïdes. Quoi qu'il en soit, l'observation de M. Hincks n'en est pas moins d'un grand intérêt, car les Stauridies, bien qu'alliées aux Corynes, s'en distinguent clairement par la constitution filiforme des tentacules du verticille inférieur.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1863.

Le 4, il a neigé ; hauteur de la neige 20mm ; cette neige a disparu au bout de peu d'heures.
9, brouillard toute la journée ; dépôt de givre sur les arbres.
10, brouillard jusqu'à 2 heures ; id.
14, léger brouillard pendant une partie de la journée, avec dépôt de givre.
15, fort brouillard jusqu'à 6 h. du soir.
16, brouillard de 10 h. du matin à 6 h. du soir.
17, couronne lunaire, depuis la tombée de la nuit jusqu'à 7 h, 15 m.
23, depuis 6 h. 30 m. du soir, couronne lunaire à plusieurs reprises.
24, couronne lunaire dans la soirée.
31, brouillard le matin à 6 h., avec dépôt de givre.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 2,[1] à 2 h. soir.....	718,13
Le 3, à 6 h. matin..	726,94	3, à 4 h. 20 m. soir..	718,69
4, à 10 h. soir.....	738,84	6, à 4 h. soir.....	735,12
7, à 8 h. soir....	739,31	9, à 4 h. soir.....	734,72
11, à 10 h. matin...	737,99	12 à 2 h. soir	734,11
15, à 10 h. matin...	736,73	17, à 8 h. matin...	723,82
19, à 10 h. soir.....	735,48	22, à 4 h. 15 m. soir	723,16
25, à 10 h. matin...	734,77	27, à 10 h. soir....	729,19
29, à 8 h. matin...	734,58		

[1] Les variations du baromètre dans les journées du 2 et du 3 Décembre sont très-remarquables. Le 2, le baromètre a baissé de $6^{mm},40$, de 6 h. du matin à 2 h. du soir, pour remonter de $8^{mm},71$ de 2 h. à 10 h. du soir, ce qui donne une excursion de plus de 15^{mm} dans 16 heures. Le vent, variable dans la matinée, a soufflé fortement du SSO. de 1 h. à 6 h., pour tomber ensuite. Le 3, le baromètre a baissé de $8^{mm},25$, de 6 h. du matin à 4 h. 20 m. du soir, pour remonter de $7^{mm},91$, de 4 h. à 10 h. du soir, ce qui donne une excursion de plus de 16^{mm} dans 16 heures. Le vent était variable, mais peu fort, sauf à midi, où il soufflait du Sud.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim	o	o	o	o	mm	mm.					mm.				o	o.	pouces
1	731,21	+ 4,45	+ 0,43	—1,87	— 0,9	+ 2,5	4,48	—0,06	942	+ 86	860	980	...	..	variable	0,97	9,0	+ 1,0	33,0
2	721,45	— 5,34	+ 4,37	+2,20	+ 0,7	+ 9,4	5,55	+1,05	875	+ 19	630	1000	9.6	6	SSO. 2	0,97	8,9	+ 1,0	32,5
3	723,73	— 3,09	+ 6,71	+4,67	+ 4,5	+10,6	5,32	+0,86	715	—142	610	860	5,1	5	SSO. 2	0,97	8,9	+ 1,1	32,5
4	735,86	+ 9,01	+ 1,14	—0,78	+ 0,2	+ 7,0	3,83	—0,59	772	— 85	600	990	3,0	4	NNE. 1	0,63	8,7	+ 1,0	32,5
5	737,59	+10,71	+ 0,08	—1,72	— 2,6	+ 3,0	3,75	—0,64	819	— 38	590	990	..	..	variable	0,41	8,0	+ 0,5	32,5
6	735,79	+ 8,89	+ 0,27	—1,42	— 5,0	+ 6,7	3,75	—0,61	789	— 69	550	1000	...	..	SSO. 1	0,40	.	....	34,5
7	738,59	+11,67	+ 3,13	+1,56	— 1,1	+ 6,1	4,82	+0,49	825	— 33	720	960	...	..	NNE. 1	0,47	8,5	+ 1,2	33,7
8	736,97	+10,02	— 0,07	—1,53	— 2,2	+ 2,5	4,16	—0,14	919	+ 61	830	1000	...	..	variable	0,62	8,5	+ 1,3	33,0
9	735,28	+ 8,30	— 2,54	—3,89	— 5,0	+ 0,6	3,88	—0,39	994	+135	970	1000	...	..	S. 1	0,96	7,8	+ 0,7	32,5
10	736,42	+ 9,42	— 0,48	—1,72	— 4,4	+ 3,1	4,42	+0,18	970	+111	880	1000	...	..	SSO. 1	0,84	7,8	+ 0,8	32,5
11	737,04	+10,01	+ 3,56	+2,42	— 1,3	+ 8,5	4,98	+0,77	819	— 41	660	1000	0,4	2	S 1	0,77	8,0	+ 1,1	32,0
12	734,88	+ 7,83	+ 5,90	+4,86	+ 3,6	+10,2	5,46	+1,27	780	— 80	650	840	...	..	SSO. 1	0,22	8,5	+ 1,7	32,0
13	735,74	+ 8,66	+ 3,42	+2,48	+ 0,6	+ 8,0	5,40	+1.23	911	+ 50	760	1000	...	..	variable	0,27	...	.....	32,0
14	736,11	+ 9,00	+ 1,20	+0,35	— 2,2	+ 7,5	4,69	+0,54	917	+ 56	730	1000	...	..	SSO. 1	0,21	8,1	+ 1.5	32,0
15	735,88	+ 8,75	+ 0,93	+0,17	— 2,1	+ 3,3	4,90	+0,77	975	+113	890	1000	...	..	SSO. 1	0,97	8,1	+ 1,6	32,0
16	730,67	+ 3,51	+ 0,81	+0,14	— 1,2	+ 6,2	4,45	+0,34	918	+ 56	600	1000	...	..	E. 1	0,80	7,8	+ 1,3	32,0
17	724,81	— 2,37	+ 1,67	+1,08	— 0,2	+ 5,3	4,98	+0,89	969	+106	920	1000	5,5	10	variable	0,84	7,8	+ 1,4	32,0
18	727,01	— 0,20	+ 2,48	+1,97	— 1,8	+ 4,9	4,18	+0,11	752	—111	630	970	...	..	NNE. 3	0,86	7,7	+ 1,4	32,0
19	733,99	+ 6,75	+ 2,28	+1,85	+ 1,3	+ 3,9	4,07	+0,01	761	—103	720	790	...	..	NNE. 2	1,00	7,7	+ 1,5	32,0
20	734,67	+ 7,41	+ 0,28	—0,07	— 1,5	+ 4,0	4,03	—0,02	865	+ 1	760	930	...	..	variable	0,52	...	.....	32,5
21	733,96	+ 6,68	— 1,68	—1,96	— 2,4	0,0	3,83	—0,21	948	+ 83	880	1000	...	..	variable	1,00	7,1	+ 1,1	30.0
22	726,69	— 0,61	+ 1,75	+1,54	— 2,6	+ 4,9	4,38	+0,35	825	— 40	570	960	2,8	5	variable	0,94	7,2	+ 1,2	29,5
23	731,40	+ 4,08	— 0,16	—0,30	— 1,7	+ 3.2	3,81	— 0,21	839	— 27	670	1000	..	..	NNE. 1	0,34	6,1	+ 0,2	29.5
24	732,81	+ 5,47	+ 2,15	+2,07	— 1,3	+ 7,0	4,19	+0,18	776	— 90	550	920	...	..	SSO. 1	0,69	7,1	+ 1,3	30,0
25	734,28	+ 6,92	+ 2,33	+2,31	+ 0,8	+ 4,3	4,61	+0.61	856	— 10	780	900	...	..	SE. 1	0,99	..	....	30.0
26	733,36	+ 5,98	+ 1,20	+1,23	+ 0,5	+ 2,6	4,41	+0,41	887	+ 20	820	930	...	..	SE. 1	1,00	6,8	+ 1,2	30,0
27	730,75	+ 3,35	+ 3,01	+3,09	+ 0,2	+ 6,5	4,54	+0,55	793	— 74	610	900	0,1	1	S. 1	0,93	...	.....	30,0
28	732,19	+ 4.77	+ 2,53	+2,66	+ 0,4	+ 4,1	3,43	—0,56	632	—235	480	960	...	..	N. 2	0,38	6,8	+ 1,3	30,0
29	733,50	+ 6,06	+ 0,38	+0.55	— 4,6	+ 5,0	3,76	—0,23	787	— 81	630	1000	..	..	S. 1	0,68	6,7	+ 1,3	29.5
30	730,27	+ 2,82	+ 4,84	+5,05	+ 2,2	+ 9,9	5,76	+1,78	883	+ 15	730	1000	1,0	2	variable	0,78	7,0	+ 1,6	29,5
31	724,38	— 3.08	— 0,10	+0,15	— 3,1	+ 3,5	4,35	+0,37	939	+ 71	760	1000	. .	..	SO. 1	0,92	6,7	+ 1,4	30,5

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	733,69	733,79	733,90	733,05	732,29	732,37	733,23	734,10	734,29
2e »	733,00	733,16	733,61	733,05	732,57	732,61	732,85	733,03	733,09
3e »	731,64	731,74	732,02	731,41	730,47	730,28	730,40	730,72	730,75
Mois	732,74	732,86	733,14	732,47	731,74	731,70	732,11	732,55	732,65
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 0,50	— 0,25	+ 1,19	+ 2,60	+ 3,75	+ 3,47	+ 2,60	+ 1,56	+ 0,94
2e »	+ 0,82	+ 0,77	+ 2,57	+ 4,48	+ 4,69	+ 3,65	+ 2,19	+ 2,38	+ 2,01
3e »	— 0,25	— 0,11	+ 1,50	+ 3,09	+ 3,73	+ 3,01	+ 2,41	+ 1,79	+ 1,47
Mois	+ 0,01	+ 0,13	+ 1,75	+ 3,37	+ 4,05	+ 3,37	+ 2,40	+ 1,91	+ 1,48
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	4,15	4,12	4,18	4,35	4,86	4,70	4,57	4,42	4,45
2e »	4,49	4,50	4,55	4,99	5,01	5,02	4,77	4,67	4,65
3e »	4,33	4,10	4,24	4,28	4,37	4,30	4,48	4,40	4,28
Mois	4,33	4,24	4,32	4,53	4,73	4,66	4,60	4,49	4,45
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	939	916	842	791	802	795	832	863	906
2e »	923	927	822	794	784	842	886	861	880
3e »	954	904	826	746	735	754	819	842	837
Mois	939	915	830	776	773	796	845	855	873

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 1,58	+ 5,15	0,72	8,46	17,7	32,9
2e »	— 0,48	+ 6,18	0,65	7,96	5,9	32,1
3e »	— 1,05	+ 4,64	0,79	6,83	3,9	29,9
Mois	— 1,04	+ 5,30	0,72	7,74	27,5	31,6

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,90 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 26°,0 E. et son intensité est égale à 17 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1863.

SAINT-BERNARD. — Décembre 1863.

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent		Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	dominant		
	millim.	millim,	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm				
1	564,75	+ 3,09	564,28	565,23	— 8,07	— 1,04	— 8,5	— 7,0	......	......	......	SO.	1	0,63
2	559.22	— 2,40	556,85	561,54	— 9,58	— 2,45	—10.6	— 8,6	250	15,6	12	SO.	1	1,00
3	560,79	— 0,80	558.20	562,92	— 4,26	+ 2,96	— 7,8	— 0,5	60	10,9	9	SO.	1	0,99
4	563,21	+ 1,66	559,79	565,72	—15,15	— 7,84	—16,2	—13,9	......	0,4	1	NE.	3	0,79
5	568,47	+ 6,96	567.11	569,44	— 7,01	+ 0,39	—12,3	— 4,2	......	......	......	NE.	1	0,59
6	569,31	+ 7,83	568,72	570,18	— 3,63	+ 3,86	— 7.5	— 1,2	......	......	......	NE.	1	0,16
7	570.37	+ 8,92	568,60	571,91	— 6,13	+ 1,45	— 9,1	— 4,3	......	......	......	NE.	1	0,00
8	571,65	+10,23	571,23	572,24	— 2,08	+ 5,59	— 4,1	+ 0,6	......	......	......	SO.	1	0,00
9	570,38	+ 8.99	569,99	570.82	— 0,91	+ 6,84	— 2,3	+ 2,2	......	......	......	NE.	1	0,73
10	569,37	+ 8,01	569,02	569,98	— 3,99	+ 3,84	— 5,4	— 2,8	......	......	......	NE.	1	0,32
11	569,16	+ 7,83	568,41	570,02	— 5,80	+ 2,11	— 6,8	— 4,4	......	......	......	NE.	2	0,89
12	568,19	+ 6,89	567,60	568,94	— 1,55	+ 6,44	— 3,1	+ 0,3	10	1,4	4	NE.	3	0,49
13	569,03	+ 7,76	568,51	569,41	— 2,78	+ 5,28	— 3,6	— 1,0	......	......	......	NE.	2	0,12
14	569,35	+ 8,11	569,11	569,59	— 4,30	+ 3,83	— 4,9	— 3,0	......	......	......	NE.	1	0,03
15	569,54	+ 8,32	569,23	569,93	— 2,86	+ 5,34	— 4,8	— 1,6	......	......	......	NE.	1	0,04
16	566,15	+ 4,96	563,48	568,34	— 1,00	+ 7,27	— 2,5	+ 1,1	......	......	......	calme		0,32
17	558,08	— 3,08	557,43	558,81	— 8,68	— 0,34	—10,7	— 5,0	30	1,6	2	NE.	1	0,90
18	560,58	— 0,55	558,13	564,35	— 9,51	— 1,10	—12,9	— 6,6	......	......	......	NE.	1	0,91
19	567,24	+ 6,13	565,60	568,22	— 5,53	+ 2,94	— 6,4	— 4,1	......	......	......	SO.	1	0,08
20	568.59	+ 7,51	568,26	569,12	— 4,26	+ 4,27	— 6,0	— 2,2	......	......	......	SO.	1	0,00
21	566,10	+ 5,05	565,52	566,80	— 6,03	+ 2,56	— 7,0	— 4,8	......	......	......	NE.	1	0,00
22	559.03	— 2,00	556,01	562,58	— 7,07	+ 1,58	—10,6	— 4.1	30	1,7	8	NE.	1	0,87
23	561,06	+ 0,06	559,02	563,05	—12,53	— 3,83	—16,1	—10,7	......	......	......	NE.	2	0,46
24	564.77	+ 3,79	563,51	566,28	— 7,59	+ 1,16	— 9,4	— 5,9	......	......	......	NE.	3	0,87
25	567,50	+ 6,54	566,67	567,97	— 3,96	+ 4,84	— 4,9	— 2,5	......	......	......	calme		0.06
26	565,00	+ 4,06	564,22	565,95	— 3,84	+ 5,01	— 5,1	— 2,0	......	......	......	NE.	1	0,00
27	563,08	+ 2,16	562,48	563,84	— 6,56	+ 2,34	— 7,8	— 3,8	......	......	......	NE.	2	0,59
28	564,23	+ 3,33	562.92	565,61	— 6,31	+ 2,64	— 7,5	— 3,7	......	......	......	NE.	2	0.47
29	566,44	+ 5,56	565,25	567,37	— 3,51	+ 5,48	— 5,2	— 0,6	......	......	......	NE.	2	0,63
30	562,65	+ 1.80	561,25	563,73	— 8,45	+ 0,58	—10,3	— 6.3	......	......	......	NE.	1	0,68
31	558,02	— 2,81	556,58	559,29	— 9.61	— 0,54	—12,4	— 7.3	......	......	......	variable		0,60

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	566,46	566,78	567,24	566,85	566,49	566,51	566,50	567,05	567,16
2e »	566,33	566,48	566,83	566,64	566,35	566,53	566,67	566,89	566,88
3e »	563,59	563,87	564,19	563,80	563,25	563,16	563,03	563,19	563,18
Mois	565,40	565,65	566,03	565,70	565,29	565,33	565,33	565,63	565,66

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
1re décade,	— 7°,04	— 6°,50	— 5°,31	— 4°,48	— 4°,76	— 5°,88	— 6°,07	— 6°,35	— 6°,61
2e »	— 4,79	— 4,90	— 4,67	— 4,09	— 3,49	— 4,04	— 4,63	— 4,80	— 4,71
3e »	— 7,27	— 7,26	— 6,52	— 5,37	— 5,96	— 6,71	— 6,78	— 6,91	— 7,42
Mois	— 6,40	— 6,26	— 5,53	— 4,67	— 4,78	— 5,58	— 5,86	— 6,05	— 6,28

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	— 8,38	— 3,97	0,52	26,9	310
2e »	— 6,17	— 2,65	0,38	3,0	40
3e »	— 9,63	— 5,17	0,47	1,7	30
Mois	— 7,80	— 3,80	0,46	31,6	380

Dans ce mois, l'air a été calme 29 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 8,83 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 84 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

DE

L'ORIGINE DES LACS SUISSES

PAR

M. B. STUDER

Professeur à l'Université de Berne.

Lorsqu'on réfléchit à l'origine des lacs suisses, l'on trouve qu'elle constitue un problème difficile à résoudre, et l'on a de la peine à préciser, dans la série des événements géologiques, le moment de la formation des bassins qui les renferment. D'éminents géologues suisses et étrangers en ont proposé des solutions, l'on a mis en action toutes les forces dont la nature dispose, et cependant l'on paraît plus loin que jamais de se mettre d'accord. Pour s'en convaincre, l'on doit parcourir l'excellent résumé des diverses opinions proposées et de l'état actuel de la question qui vient d'être publié par M. de Mortillet [1].

Les auteurs se divisent en deux classes. Les uns, parmi lesquels nous trouvons de Buch [2], F. Hoffman [3] et M. Ball [4], d'après la publication si remarquable qu'il vient de faire, sont persuadés que les mêmes causes

[1] *Atti della Soc. Ital.* 1863. Nov.
[2] *Catal. des roches de Neuch.* 1804. Msc.
[3] *Physic. Geogr.* 1837.
[4] *Philos. Mag. Febr.* 1863.

qui ont bouleversé le sol, en soulevant nos montagnes, ont aussi produit les dépressions qui les séparent. Ils pensent que le soulèvement a été accompagné de crevasses plus ou moins profondes qui ont formé nos vallées, et que dans l'intérieur il est resté des vides, dont le toit s'est écroulé plus tard. Ils croient enfin que les bassins de nos lacs sont les restes de ces crevasses ou effondrements non encore comblés par les détritus charriés par les rivières. Les autres, disciples de Buffon, de Playfair et de l'école de Werner, attribuent l'origine des vallées et des bassins à l'érosion, c'est-à-dire à l'action destructive des fluides en mouvement. Ces partisans de l'érosion se sont, tout récemment, encore séparés en deux classes, ne pouvant s'accorder sur la nature du fluide destructeur. Les uns, en suivant leurs anciens maîtres, ne pensent qu'à des courants de mer, de rivières ou de torrents; les autres, parmi lesquels nous voyons des physiciens et géologues anglais et italiens justement célèbres, ont récemment proposé de faire intervenir l'action érosive des glaciers.

Chacune de ces manières de voir est justifiée par les faits qui se passent sous nos yeux, car la nature se sert souvent de moyens très-différents pour produire le même effet. M. Desor, dans un article très-méritoire « Sur la physiognomie des lacs suisses » [1], adopte les deux théories principales et les applique suivant la nature du lac dont il cherche à expliquer l'origine. Il distingue les *lacs orographiques*, ou dépendant de l'orographie du pays, des *lacs d'érosion*, dont les bassins ont été creusés par les eaux. Les premiers se divisent en

[1] *Revue Suisse*. 1860.

trois catégories : les lacs des vallées synclinales ou en forme de bateau[1], tels que le lac du Bourget, le lac de Joux et celui de Saint-Point ; les lacs des vallées isoclinales ou en forme de *combes*, dans ceux-ci se rangent les lacs de Brienz et de Wallenstadt; et les lacs des vallées transversales ou *cluses*, dont les lacs de Thoune et d'Uri sont des exemples. Les lacs des Alpes sont, d'après M. Desor, en grande partie des lacs orographiques, tandis que ceux de Neuchâtel, de Bienne et de Morat, ceux de Zurich et de Constance et d'autres situés dans la basse Suisse sont des lacs d'érosion. Quelques-uns sont le produit combiné des deux principes ; le lac de Genève, de Villeneuve à Vevey, est un lac de cluse, et de Vevey à Genève, un lac d'érosion. Dans un supplément[2], M. Desor étend sa classification aux lacs du versant italien des Alpes et y trouve, d'après M. de Mortillet[3], une nouvelle catégorie dans les *lacs de moraines*. Leur origine s'explique par d'anciennes moraines qui ont servi de barrières à l'eau au débouché des vallées.

La question se complique si, pour préciser l'époque de la formation des lacs, l'on examine la géologie des terrains qui les entourent. Toute la basse Suisse et la première chaîne du Jura sont parsemées de blocs alpins qui, quel que soit leur mode de transport, ont nécessairement dû passer au-dessus des lacs pour arriver de leur gisement primitif à leur place actuelle, et l'on ne conçoit pas que le courant qui les a emportés n'ait pas

[1] M. Desor appelle ces vallées des *Vallons*, mais ce terme ne me paraît pas bien choisi ; vallon est le diminutif de vallée, et les vallées synclinales sont au contraire les plus grandes du Jura.

[2] *Actes de la Soc. de Lugano*. 1861.

[3] *Bull. de la Soc. Géol.* n. s. XVI.

comblé ces bassins et formé un grand cône d'éboulement au débouché des vallées alpines. Cette difficulté, contre laquelle dans le premier quart de ce siècle s'est heurté le génie des de Buch, des de Luc, des Escher, etc., a été une des principales causes de l'empressement avec lequel l'hypothèse de la grande extension des anciens glaciers a été accueillie. Dans cette théorie, les blocs alpins ont pu franchir les dépressions entre les Alpes et le Jura, solidement supportés par la glace, au lieu d'être suspendus dans l'air ou dans l'eau à plusieurs mille pieds au-dessus du sol. Cette glace générale, qui couvrait toutes les vallées et tous les bas-fonds, permettait de laisser indécise l'époque de la formation des lacs. Ils pouvaient être antérieurs à l'époque glaciaire, leurs bassins pendant celle-ci se trouvant remplis d'eau ou de glace, et personne ne crut devoir admettre qu'ils lui fussent postérieurs, une origine aussi récente paraissant impossible à concilier avec la connexion évidente entre ces bassins et l'orographie du pays.

Depuis longtemps cependant on connaissait au-dessous du terrain erratique qui accompagne les blocs un terrain de gravier et de sable, stratifié horizontalement et possédant tous les caractères d'un dépôt de rivière. Cette formation, nommée *terrain du transport ancien* par M. Elie de Beaumont, *alluvion ancienne* par Necker et *diluvium* par des auteurs récents[1], se distingue assez

[1] Ce terme ne devrait s'appliquer qu'au terrain erratique, et il serait préférable de le supprimer. Il fut, je crois, introduit par Buckland pour désigner des terrains récents qui lui paraissaient devoir leur origine à une catastrophe violente et de peu de durée (a violent and transient flood), et peu après il fut étendu à presque tout le terrain quaternaire. J'ignore quand et par qui ce nom,

facilement du terrain erratique qui lui est superposé. Ce dernier renferme sans ordre des blocs de toutes dimensions et des galets souvent striés, dans un limon particulier, jamais stratifié, tandis que, dans le terrain inférieur des couches ou de longues lentilles de galets lisses de grosseur presque égale, alternent ou s'enchevêtrent avec des lentilles ou amas de sable ; le gravier et le sable étant meubles ou agglutinés. En examinant ce gravier de l'alluvion ancienne, on reconnaît facilement que ses galets sont, sans exception, originaires des Alpes ou des collines subalpines. De même que les blocs erratiques, ils présentent des caractères différents suivant la vallée par laquelle ils paraissent avoir été charriés. Ils correspondent aux roches en place de cette vallée et de ses vallons tributaires. Il est évident que la présence de cette alluvion ancienne nous rejette de nouveau dans tous les embarras dont nous croyions être délivrés par l'hypothèse relative à l'extension des anciens glaciers, et cette hypothèse, dans ce cas, ne peut plus rendre les mêmes services.

La difficulté peut être diminuée, en réduisant autant que possible la masse des graviers, dont le transport au travers des lacs, avant la grande extension des glaciers, paraît inévitable. Nous connaissons en effet des graviers stratifiés quaternaires, à peine distincts les uns des autres par leur composition, et qui appartiennent évidemment à des âges très-différents. Il y a aux environs de Lyon et de Vienne des graviers incohérents, identiques à de

contre son étymologie et en contradiction avec sa signification primitive, a été appliqué au terrain de l'alluvion ancienne qui porte tous les caractères d'un dépôt tranquille d'eaux courantes et agissantes pendant une longue série d'années.

l'alluvion ancienne, qui renferment des fossiles marins, que M. Lory croit devoir réunir au terrain de la mollasse. Sur les hauteurs de l'Albis près Zurich, sur d'autres collines de la Suisse orientale et au nord du lac de Constance, il y a des graviers stratifiés très-puissants, en partie cimentés par du tuf calcaire, sur l'âge desquels on reste dans le doute, les uns les regardant comme tertiaires, les autres comme diluviens. D'autre part, nous voyons, aux environs de Berne et Fribourg et jusqu'à Lausanne, le terrain erratique reposer immédiatement sur la mollasse; les graviers, d'une puissance égale à celle de l'erratique, remplissent les dépressions à côté de lui, et s'étendent, en plusieurs points, par-dessus le limon erratique. Ici donc, le gravier est contemporain ou postérieur à l'époque glaciaire et paraît être le produit de la destruction des dépôts erratiques par les rivières. Il y a enfin de grandes masses de gravier déposés par des rivières qui ne trouvent pas des lacs sur leur passage, telles que la Sarine, les deux Emme et la Thur. Dans les anciens temps, elles paraissent avoir fréquemment changé leur cours. Cependant, en déduisant toutes ces masses, il nous reste toujours l'alluvion ancienne proprement dite, formant la base du terrain erratique, dont il faut chercher à expliquer le transport. Ce gravier est bien développé aux bords de l'Adda, de la Dora Riparia, aux environs de Genève, au débouché de la Kander dans le lac de Thoune, aux environs d'Uznach et ailleurs. Les couches horizontales de cette alluvion ancienne reposent sur les tranches des couches inclinées de mollasse, la date de leur formation se place donc nécessairement entre la catastrophe qui a soulevé les couches tertiaires et l'époque de la grande extension des glaciers.

M. de Mortillet[1] admet, avec M. Desor et la grande majorité des géologues, que nos lacs alpins sont des lacs orographiques, dépendant des ruptures du sol arrivées lorsque les Alpes ont pris leur relief actuel. Il admet que leurs bassins, avant l'époque glaciaire, avaient été comblés par les galets et sables qui, hors des Alpes, ont aussi formé l'alluvion ancienne, que, plus tard, ces matières meubles n'ayant pu résister à la pression des glaciers, les bassins avaient été déblayés et remplis de glace jusqu'à l'époque du dégel et de la retraite des glaciers dans les Hautes Alpes. — M. Desor[2] suppose les lacs subsistant jusqu'à l'arrivée de la glace, passagèrement remplis par le glacier, qui charriait à la surface supérieure le gravier et les blocs, et revenant à l'état de lacs lors de la retraite des glaciers. — M. Omboni[3] réunit ces deux solutions en une seule. Les glaciers, suivant lui, se sont avancés jusqu'à l'extrémité inférieure des lacs, en remplaçant l'eau par de la glace ; des torrents, sortant des glaciers, longtemps stationnaires, ont déposé l'alluvion ancienne, enfin les glaciers, s'avançant de nouveau, ont labouré le sol de ces alluvions et déposé les moraines et les blocs qui reposent sur elles.

Aucun de ces géologues n'avait douté de la liaison de nos lacs avec le soulèvement et l'orographie des Alpes. M. Desor explique même ses lacs d'érosion par de puissants courants produits par la retraite des eaux à la suite du soulèvement. La théorie fut poussée plus loin en Angleterre. M. Ramsay[4] qui, par ses longues

[1] *Atti della Soc. Ital.* V. 1863. Nov.
[2] *Revue Suisse*, 1860. *Actes de la Soc. de Lugano*. 1861.
[3] *Atti della Soc. Ital.* V. 1863. Nov.
[4] *Quart. Journ. of the Geol. Soc.* XVIII. 1862.

études des effets glaciaires dans le pays de Galles et dans les Alpes, était préparé à envisager la question sous un nouveau point de vue, ne voit pas de différence essentielle entre les petits bassins lacustres des montagnes du pays de Galles, de l'Écosse et de la Suisse, souvent creusés dans le roc vif, et les énormes dépressions de nos grands lacs. Attribuant les premiers à l'érosion lente des glaciers sur leur fond, il n'hésite pas à admettre que le même agent a produit les derniers, et que tous les bassins de nos grands lacs sont le résultat de l'érosion glaciaire. Ces bassins n'ayant pas existé avant l'origine du terrain erratique, le transport de l'alluvion ancienne par les rivières s'expliquerait sans difficulté. Aussi cette théorie du savant professeur a-t-elle trouvé un accueil favorable auprès de plusieurs géologues du plus grand mérite. M. Tyndall[1] va plus loin encore. Il attribue non-seulement les bassins de nos lacs, mais les vallées alpines elles-mêmes à l'érosion des glaciers. Tout le système alpin, selon ce célèbre physicien, formait à l'origine une immense bosse à surface unie ou énorme massif, dans lequel les glaciers, par leur marche progressive, ont creusé nos vallées. M. Beete Jukes[2] qui, antérieurement, avait signalé les grands effets de l'érosion dans la conformation de l'Irlande, déclare partager cette opinion et il ajoute la remarque que, d'après cette théorie, les vallées transversales devaient être plus anciennes que les vallées longitudinales, ce qui explique le coude que le Rhône fait à Martigny.

Avant de chercher une solution du problème des lacs, il paraît nécessaire d'examiner de plus près les effets de

[1] Conformation of the Alps. *Philos. Mag.* Sept. 1862.

[2] *Address to the Geol. Sect. Brit. Assoc.* Oct. 1862.

l'érosion qui, dans toutes les solutions proposées, joue un rôle éminent. Elle tient le premier rang dans celles de MM. Ramsay et Tyndall, le second dans celles de MM. de Mortillet et Desor.

Personne ne doute que, dans la configuration des vallées et des dépressions des pays de montagnes, l'érosion n'ait joué un grand rôle. Lorsque nous voyons dans nos régions mollassiques, en Appenzell, dans l'Emmenthal, dans les environs de Berne, de Fribourg et de Lausanne, les couches horizontales ou faiblement inclinées, coupées par des vallées et des vallons, se ramifiant dans des gorges et des ravins qui datent, pour ainsi dire, du dernier orage : lorsque dans les pays dont le sol est schisteux, tels que le Simmenthal, certaines parties des Grisons ou du Valais, ou encore dans les montagnes déboisées de la Savoie et du Dauphiné, nous voyons chaque pluie donner lieu à de nouveaux éboulements : lorsqu'enfin nous tenons compte de la grande masse de décombres qui, depuis les temps les plus reculés, sont charriés par les glaciers et par les rivières hors des montagnes, nous en concluons, qu'on ne peut évaluer trop haut l'influence que l'action permanente de l'érosion a dû exercer sur la conformation des pays. Il est certain que beaucoup de nos vallées lui doivent leur origine et à peu près toute leur physionomie actuelle. L'action érosive des rivières et des glaciers trouve cependant une limite qu'elle ne dépasse pas, et qui dépend de la résistance du fond, de la masse de l'eau ou de la glace et de la pente. Cette limite étant atteinte en faveur de la résistance, par la solidité du fond, ou par la diminution de la masse d'eau ou de la pente, les rivières au lieu de continuer l'érosion, tombent en cascades et cataractes, ou cherchent des issues qui pré-

sentent moins d'obstacles, ou, si leur vitesse le permet, elles forment des dépôts. De temps immémorial les chutes du Rhin, de la Toccia, de l'Aar, les cataractes du Rhin à Laufenburg, du Danube, du Nil n'ont pas changé de place, ni même de forme. Lors donc que nous voyons une rivière traverser des roches solides, des calcaires compactes, des granits ou des porphyres, tandis qu'au même niveau elle aurait pu se frayer une route au travers de roches plus tendres, nous devons être persuadés que ce n'est pas l'érosion qui a dirigé son cours. Pourquoi le Rhin qui, près de Sargans, n'avait à surmonter qu'une élévation de vingt pieds au-dessus de ses hautes eaux, pour se jeter, en suivant la ligne droite, dans le lac de Wallenstadt, pourquoi aurait-il pris son cours en faisant un coude, et, en traversant les montagnes calcaires du Schollberg et Fläscher Berg, si ces montagnes ne lui avaient pas offert un passage plus facile, d'une origine plus ancienne et différente? Pourquoi la Simme, près de Wimmis, aurait-elle forcé le passage au travers des calcaires de la Burgfluh, lorsque, entre celle-ci et le Niesen, elle ne trouvait que des schistes à traverser? Pourquoi la Sarine aurait-elle creusé son cours par ce long défilé calcaire de Rossinière à Montbovon, lorsqu'à gauche se trouvait la dépression des Mosses, dont la roche de flysch présentait beaucoup moins de résistance? L'impossibilité d'expliquer par l'érosion ces cluses qui sont évidemment de grandes crevasses, ainsi que le rapport qui existe entre les vallées longitudinales et la direction et l'inclinaison des strates sont des faits acquis à la science depuis longtemps. Ils ont établi la conviction que les forces d'érosion n'ont pas agi seules, mais que d'autres agents et des agents très-puissants ont modifié

et façonné la surface du globe. Il y a un demi-siècle que ce résultat a été exposé dans ce même journal par un physicien distingué[1]. Dans tous les traités de géologie l'origine de chacune des différentes espèces de vallées se trouve déduite d'un principe particulier.

Les raisons qui nous montrent l'insuffisance de l'érosion des rivières, pour expliquer l'origine d'un grand nombre de vallées, acquièrent bien plus de force, dans l'excellent mémoire de M. Ball, si on les applique aux glaciers, dont les effets sont comparables à ceux des courants de laves. Si ces derniers possédaient le pouvoir de labourer leur sol, souvent composé de sable meuble et de tufs peu cohérents, comme l'on prétend que le font les glaciers, la physionomie des cônes et pays volcaniques serait bien différente de celle que nous leur connaissons. De même que dans les laves, le retard du mouvement des glaciers sur leur fond est nécessairement beaucoup plus grand, que dans les courants d'eau. Sur les hauteurs, dont la température moyenne est au-dessous de zéro, la glace reste même attachée au sol et le glacier, s'il peut se former, ne s'avance que dans sa partie supérieure ; mais, ordinairement, la neige fraîche glisse sur le fond de glace, en formant des avalanches, et le glacier, restant peu épais, s'avance, malgré sa pente souvent considérable, beaucoup plus lentement que les glaciers très-puissants des vallées. Ces derniers ne peuvent guère exercer une érosion très-efficace, leur face inférieure étant souvent séparée du fond par l'eau provenant de leur fusion ou par des cavités vides, et leur mouvement n'approchant pas

[1] *Bibl. brit.* V. LIX.

même de loin celui des fleuves qui nous paraissent stationnaires. Une certaine érosion cependant a lieu, elle est prouvée par l'eau trouble qui sort des glaciers, mais son action paraît se borner à émousser les pointes et angles saillants, à polir et strier les rochers. Un des faits les mieux constatés est que l'érosion des glaciers se distingue de celle des eaux en ce que la première produit des roches convexes ou *moutonnées*, tandis que la seconde donne lieu à des concavités. Les creux ou *marmites*, que l'on trouve, comme exception à cette règle, dans ce qui nous paraît être le fond rocheux d'anciens glaciers sont, avec raison, attribués au frottement du gravier mis en rotation par les chutes d'eau à travers le glacier, ou aux *moulins*.

M. Ramsay ne peut admettre avec raison que les bassins de nos lacs aient été creusés par des eaux courantes. Il faut une certaine pente pour que les rivières, même sur un fond vaseux, creusent leur lit, et cette pente ne se trouve, ni pour les lacs du Jura, ni pour ceux de Zurich ou de Constance. S'il en était autrement, s'il ne fallait qu'une grande masse d'eau, pourquoi ne verrions-nous pas le Nil ou le Gange, dans leurs grandes crues, se creuser des bassins? Et même, si une forte pente s'ajoute à la masse de l'eau, et si le sol favorise l'érosion, il ne se produit que des gouffres ou marmites, dont l'étendue ne dépasse jamais le rayon de l'action directe du choc de l'eau et des galets qu'elle met en mouvement. Nous en avons la preuve dans nos cascades, dans celles de l'Italie et dans la chute du Niagara si bien décrite par M. Desor, comme M. de Mortillet le rappelle. Comment d'ailleurs admettrions-nous que le Rhin, à une aussi grande distance des hautes montagnes, ait eu la force de creuser un bassin pareil à celui du lac de Constance?

De même, on pourrait faire dériver la mer Caspienne de l'érosion du Volga, ou la mer Morte de celle du Jourdain, et ne voir dans ces grandes dépressions que des effets de l'érosion des rivières qui les traversent. Et, si l'on admet que le bassin du lac de Constance se soit étendu jusqu'au Schollberg, près Sargans, et qu'il ait été plus tard rempli de détritus jusqu'à Rheineck, comment admettre que la même rivière qui, de prime abord, aurait creusé son lit du Schollberg jusqu'à Schaffhouse, à plus de mille pieds au-dessous du sol actuel, l'aurait ensuite comblé ? Les partisans du creusement de nos lacs par les eaux ne soutiennent pas de pareilles doctrines. M. Desor, comme nous venons de le voir, réclame de grands flots, causés par le soulèvement des Alpes, et le célèbre C. Escher de la Linth[1] qui, mieux que personne, connaissait le régime des rivières, faisait également intervenir des eaux diluviennes. C'est toujours la *grande débâcle* de de Saussure qui, dans les théories de son savant auteur et jusqu'à nos jours, a joué un si grand rôle dans la géologie suisse. Mais, dans le but d'augmenter la force du choc, si nous supposons avec M. de Buch même, que les eaux de la mer aient été lancées, par le soulèvement brusque des Alpes, au-dessus des plus hautes cimes, il nous est encore permis de douter qu'elles aient acquis et conservé la force nécessaire pour creuser des vallées de la profondeur de nos lacs, et de 20 à 30 lieues suisses de longueur.

Cependant, depuis les écrits classiques de M. Lyell, ces grands efforts de l'imagination ne sont plus goûtés, et la *grande débâcle,* admise principalement pour ex-

[1] *Gilbert, Annalen.* LIII. 1816.
[2] *Poggend., Ann.* IX. 1827.

pliquer le transport des blocs erratiques, a cédé la place au mouvement lent et calme des glaciers. C'est par les glaciers aussi que MM. de Mortillet, Ramsay et leurs adhérents font creuser les bassins des lacs. D'après ce qui a été dit sur l'action érosive des glaciers, il est inutile de revenir sur cette question. Je me bornerai à remarquer que sur le fond de gravier et de décombres d'une profondeur inconnue, qui s'étend en avant de nos grands glaciers à Chamouni, aux glaciers d'Arolla, de Ferpècle, de l'Aar et en avant de tous les autres, on ne voit pas la moindre trace de la prétendue tendance des glaciers à s'enfoncer en creusant le sol. Nous savons aussi que, dans les régions où les glaciers atteignent le bord de la mer, ils se prolongent au-dessus de l'eau et ne plongent pas sous son niveau.

Après avoir reconnu l'insuffisance de l'érosion pour expliquer l'origine des vallées et des lacs des Alpes, il ne nous reste guère d'autre choix que de reconnaître, avec C. Escher, une intime connexion entre un grand nombre des vallées alpines et la position inclinée des couches dans les chaînes qu'elles séparent. Ce sont là les véritables vallées orographiques, que M. Desor a signalées dans le Jura, et aux deux espèces qu'il a décrites: *vallées synclinales* et *isoclinales*, il faudra encore ajouter pour les Alpes, d'après C. Escher, les *vallées anticlinales*, dont le Justithal, à l'orient du lac de Thoune, nous présente un bel exemple. Quant aux *cluses*, auxquelles nous joindrons ces ravins rocheux qui coupent, suivant la pente, les couches intérieures des chaînes et que Thurmann a désignés sous le nom de *Ruz*, ce sont évidemment des ruptures, souvent élargies par l'érosion. Nous ajouterons encore les *vallées d'affaissement*, qu'à

la vérité nous ne trouvons pas, à ce que je sache, représentées dans le Jura, mais elles jouent un grand rôle dans les pays volcaniques, et peut-être quelques vallées circulaires à fond plat des Alpes se rapportent-elles à ce type.

Une classification des vallées, basée sur l'orographie du Jura, ne trouve d'ailleurs qu'une application très-limitée dans les Alpes. La plupart des vallées alpines, et toutes celles de quelque étendue, sont des vallées de rupture qui coupent les strates sous des angles plus ou moins obliques; souvent aussi elles sont complexes et passent d'un type à un autre; plusieurs d'entre elles se combinent avec de grandes failles. Même des vallées longitudinales de peu d'étendue et, à première vue, assez simples, ne se plient pas à la classification jurassienne. La vallée du Bas-Simmenthal peut être classée parmi les vallées synclinales, mais quelle différence entre elle et les vallées du même ordre dans le Jura ! Dans le fond de celles-ci les couches sont horizontales et se relèvent des deux côtés; dans le Simmenthal elles sont verticales et divergent vers le haut en éventail; on croit voir une vallée synclinale refoulée par une pression latérale. La vallée du Pays d'Enhaut, de Gessenay à Château d'Oex, paraît encore longitudinale, cependant elle coupe en biais trois zones de flysch et deux chaînes intermédiaires de calcaires, qui se dirigent du NE. au SO. Le Valais, aux environs de Sion, est une vallée isoclinale, ses deux parois s'inclinant au SE., mais le côté septentrional se compose de calcaire jurassique, le côté opposé, qui devrait être plus récent, appartient au terrain houiller. Il y a évidemment ici une grande faille. Le même cas se répète au lac de Brienz; la base de la chaîne septentrio-

nale étant néocomienne, la base du groupe du Faulhorn, que l'on dirait supérieure, est jurassique, et le néocomien ne se trouve qu'au sommet même de ce groupe. Le rapport des grandes vallées transversales des Alpes avec les cluses du Jura ne se justifie pas mieux que par les vallées longitudinales. La plupart d'entre elles commencent par des ruz gigantesques, comme celle de l'Aar, du Grimsel à Guttannen, et celle de la Reuss, du St. Gotthard à Amstæg. Plus en aval, ce caractère se perd, la vallée, en coupant les chaînes horizontalement, se rapproche des cluses, comme celle de l'Arve de Sallenches à Cluse, celle de la Reuss d'Amstæg à Brunnen, où elle se réunit à une vallée longitudinale, et celle de l'Aar de Meiringen à Leissigen; mais, plus on descend, plus on voit s'accroître la différence entre ses côtés opposés, en sorte que souvent une vallée, qui paraît encore appartenir aux cluses, sépare deux systèmes de montagnes d'un caractère géologique entièrement différent. Ce cas se trouve dans la vallée de l'Arve, entre Bonneville et Annemasse, dans celle de l'Aar, sur les bords du lac de Thoune, dans celle du Rhin de Schollberg à Rheineck, et dans celle de l'Iller à Sonthofen. Ces vallées, par ce fait, acquièrent une signification bien plus importante que celle d'être de simples crevasses en coupures; elles apparaissent comme des limites, probablement très-anciennes, de deux groupes de montagnes différents, comme serait une limite placée entre les Alpes et le Jura ou entre celui-ci et les Vosges. Et comment classer, enfin, la grande vallée demi-circulaire qui s'étend de Reichenau par Coire au lac de Wallenstadt, rappelant, à une échelle colossale, l'Atrio dei cavalli du Vésuve? Encore ne paraît-elle pas un accident unique dans les Alpes. L'on

peut lui trouver un parallèle dans la vallée qui, de Martigny, suit le Rhône jusqu'à Genève et, dans la vallée qui du lac d'Annecy se prolonge jusqu'à Faverges. Comme ce dernier cirque paraît dépendre du Mont-Blanc, celui de la Suisse orientale contourne les épanchements du Verrucano de Glaris.

On regarde en général ces vallées qui ont crevassé le sol alpin, comme les traces des soulèvements, des dislocations, des torsions que ce pays a éprouvés; et une des plus puissantes de ces révolutions doit être plus récente que l'époque miocène, puisque les strates du terrain du nagelfluh et de la molasse en ont été affectées jusqu'à prendre des positions très-inclinées et même verticales. D'autre part, on ne peut méconnaître une certaine connexion entre les bassins des lacs et les vallées dans lesquelles ils se trouvent. Ces bassins apparaissent comme les restes de la profondeur primitive des vallées, avant que leur fond fût en partie comblé par les rivières. On a toujours admis, qu'à l'origine, le bassin du lac de Genève s'étendait, d'un côté, jusqu'à St. Maurice, de l'autre jusqu'au delà de Carouge. On a admis également que les deux bassins des lacs de Brienz et de Thoune n'en faisaient qu'un seul, qui se prolongeait, en amont, jusqu'à Meiringen, et en aval, jusqu'aux approches du Belpberg et peut-être au delà ; et enfin, que les trois lacs du Jura n'étaient pas séparés, comme aujourd'hui, par des marais, et que le grand bassin qui les renfermait devait s'étendre d'Entreroches et de Payerne jusqu'au-dessous de Soleure.

La connexion entre les bassins des lacs et le redressement des couches calcaires et miocènes des chaînes alpines et jurassiques étant admise, nous nous trouvons

en face de la difficulté déjà signalée, savoir le transport de l'alluvion ancienne hors des Alpes à travers les lacs, et, après avoir éliminé les solutions proposées, nous n'avons plus, je crois, que deux voies pour sortir de cet embarras, deux solutions qui, d'ailleurs, ne s'excluent pas l'une l'autre et qui peuvent avoir leur application selon la configuration que les diverses localités présentent.

L'on peut faire provenir les dépôts de l'alluvion ancienne des rivières qui n'ont pas de lacs à traverser et ces rivières ayant souvent changé leur cours, cette explication s'adapte à des cas qui, de prime abord, semblent s'y refuser. Les couches de sable et gravier qui, au débouché de la Kander dans le lac de Thoune, supportent la moraine de Strättligen, sont, sans doute, un ancien dépôt de la Kander et de la Simme; la grande plaine entre Thoune et Thierachern doit avoir la même origine. Tous les galets, au bord du lac, jusqu'à la Schadau proviennent des vallées à l'occident du lac; les collines de nagelfluh, à l'orient de l'Aar, n'en ont pas fourni un seul. De même, la position d'une grande partie des graviers anciens en aval de Genève s'explique par les dépôts de l'Arve, et une partie de ceux des environs du lac de Zurich par les dépôts de la Sihl et de la Linth.

Je ne me dissimule pas cependant que cette solution ne peut être admise généralement. Elle ne s'applique pas aux alluvions anciennes au midi des lacs du versant italien des Alpes ; elle n'explique pas le terrain des lignites d'Utznach, dont le niveau s'élève considérablement au-dessus de la Linth, ni les graviers stratifiés, plus anciens que le terrain glaciaire au nord du lac de Constance. Même pour le lac de Thoune l'explication donnée

ne suffit pas, puisque l'on trouve entre Uttigen et Kiesen, à 2 lieues au-dessous de Thoune, de puissants amas d'ancien gravier, qui s'élèvent à plus de 100 pieds au-dessus du niveau de l'Aar. Dans ces cas il faudra nécessairement avoir recours à des affaissements survenus après le dépôt du gravier M. Guyot[1] préfère cette solution à toute autre pour expliquer l'origine des lacs du Jura, sans y être contraint par des dépôts d'alluvion ancienne, qui ne se trouvent pas sur la rive gauche des lacs. Il voit dans la colline de molasse, connue sous le nom de *la motte*, qui s'élève du fond du lac de Neuchâtel jusqu'à 30 pieds au-dessous du niveau des eaux, ainsi que dans celle qui, dans le lac de Bienne, joint le Jolimont à l'île de St. Pierre, des collines submergées du même ordre que celles encore en place du Vully et du Jolimont. Ces collines souslacustres s'accordent du reste assez mal avec la supposition d'une origine des lacs par érosion, soit par des courants d'eau, soit par des glaciers; la molasse n'étant pas assez solide pour y avoir résisté.

En admettant la formation des bassins de nos lacs par des affaissements, les dépôts de l'alluvion ancienne au delà de ces bassins nous forcent de supposer que le fond des grandes crevasses qui forment nos vallées, a été entièrement comblé, comme l'est encore celui de l'Arve, de la Sarine et d'autres. Quoique les décombres, après un des plus terribles bouleversements, ne doivent pas avoir fait défaut; ce remplissage, sans doute, demande qu'un temps excessivement long se soit écoulé entre la formation de ces crevasses et les dépôts de l'alluvion ancienne. Heureusement, une autre considération, qui n'a rien d'hypothétique, nous conduit à la même conclusion : c'est

[1] *Mém. de Neuchâtel*, III.

la grande différence entre la faune et la flore des derniers sédiments de la molasse et des premiers de l'alluvion ancienne. Il faut du temps et beaucoup de temps pour qu'une flore analogue à celle des États-Unis méridionaux ait fait place à celle qui végète aujourd'hui dans notre pays, et nous trouvons cette dernière déjà représentée dans les lignites diluviens. Il est probable qu'il a fallu aussi beaucoup de temps pour que les Anthracothériums, les Tapirs et les Mastodontes de la mollasse aient cédé leur place à des Eléphants et aux Ruminants, qui nous paraissent être la souche de nos races bovines actuelles. L'idée que des affaissements aient eu lieu sur la ligne des crevasses des vallées, après que celles-ci avaient été couvertes par un nouveau sol, n'a rien qui doive nous étonner. De grands vides, dans le fond des fractures, ont pu rester non remplis, des étranglements de la roche où la grosseur des premiers blocs engouffrés a pu arrêter le remplissage de la vallée, plus tard le poids de ce toit temporaire ayant augmenté, ou peut-être aussi la pesanteur des grands glaciers diluviens s'y ajoutant, l'obstacle a pu céder et le sol qu'il soutenait s'écrouler.

DU CLIMAT DE GENÈVE, par M. E. PLANTAMOUR, professeur à l'Académie de Genève. 1 vol. in-4°. Genève, 1863.

(Second article.)

Nous avons dans un premier article [1] analysé la partie de cet important ouvrage qui est relative aux observations thermométriques et barométriques. Il nous reste à parler des vents, ainsi que de tout ce qui concerne l'état hygrométrique de l'air et les phénomènes qu'on désigne sous le nom d'hydrométéores (nuages, brouillard, pluie, etc.)

Des vents.

L'ensemble des observations faites sur les vents est divisé en deux séries, l'une comprenant les vingt années de 1827 à 1846, pendant lesquelles la direction du vent n'était enregistrée qu'un très-petit nombre de fois par jour, sans tenir compte de l'intensité d'une manière régulière; la seconde comprenant les quinze dernières années pendant lesquelles l'observation a été faite beaucoup plus souvent, et en tenant compte de la force du vent.

Les deux séries s'accordent, soit quant au vent dominant à Genève, soit quant à la résultante de tous les vents observés, et les résultats qu'elles donnent sont peu différents, bien que dans la seconde il ait été tenu

[1] Voyez *Archives*, t. XIX, p. 19.

compte de la force du vent. et non dans la première. En automne et en hiver les vents du nord-est et ceux du sud-ouest se balancent à peu près; l'intensité de la résultante de tous les vents est très-faible, surtout en hiver, ce qui ôte toute importance à la différence que l'on trouve dans cette saison dans la direction de la résultante d'après l'une des séries ou d'après l'autre. Au printemps et en été les vents du nord-est ont une prédominance marquée sur ceux du sud-ouest; aussi le chiffre qui exprime l'intensité de la résultante est-il passablement élevé.

On obtient des résultats assez différents si l'on tient compte de l'origine du vent en séparant les vents dus à des causes locales des grands mouvements de l'atmosphère dus à des causes générales. Cette distinction peut se faire avec un assez grand degré de certitude dans la série des quinze dernières années, dans lesquelles la force du vent était exprimée par un chiffre, l'observation ayant lieu d'ailleurs un plus grand nombre de fois dans la journée. Si le vent souffle pendant tout le jour du même point de l'horizon, et si le chiffre qui marque son intensité est supérieur à 1 [1], il ne peut y avoir de doute qu'il ne s'agisse d'un mouvement général de l'atmosphère ; ce sera ou bien l'alizé inférieur, si c'est un vent du nord ou du nord-est, que l'on appelle *bise* à Genève, ou bien l'alizé supérieur, si c'est un vent du sud ou du sud-ouest auquel on donne, en général, le nom de vent du *midi*.

Le bassin du Léman est compris, sinon toujours, du

[1] Les trois facteurs par lesquels M. Plantamour multiplie, suivant la force du vent, la somme des indications pour chaque direction de vent, sont 1, 2 et 3. Le facteur 0 indique que le vent est absolument insensible.

moins dans un très-grand nombre de cas, dans la région méditerranéenne sous le rapport des courants atmosphériques. Aussi la bise peut-elle avoir deux origines différentes, suivant que cet alizé inférieur représente seulement le mouvement général de l'atmosphère des latitudes élevées vers les régions tropicales, ou qu'il est dû à une cause spéciale, la différence entre la température de la Méditerranée et celle des terres qui la limitent au nord. Dans le premier cas, le vent du nord-est souffle dans une grande partie de l'Europe. Dans le second cas, l'alizé inférieur ne s'étend pas au delà de la région méditerranéenne, et sa direction se rapproche davantage du nord. L'alizé supérieur peut de même provenir de l'Atlantique, c'est le vent du sud-ouest qui règne sur une grande partie de l'Europe occidentale ; ou bien il peut provenir de la Méditerranée et de l'Afrique ; sa direction se rapproche alors plus du sud ; c'est le vent, connu en Suisse, sous le nom de *Fœhn*, vent redouté, non-seulement à cause de sa violence, mais aussi à cause des inondations qui sont dues à la rapidité avec laquelle les neiges et les glaces fondent sous son haleine brûlante.

En mettant de côté, d'après les considérations qui précèdent, les jours où un vent général, savoir une forte bise ou un fort vent du midi avait soufflé, on arrive à n'avoir plus que la distribution des vents pour les jours où le mouvement de l'atmosphère peut être attribué, sinon en totalité, du moins en grande partie, à une cause locale et spéciale à la vallée du Léman. Il résulte de cet examen l'existence d'une variation diurne et annuelle dans la direction du vent, provenant de la différence entre la température de l'eau du lac et celle de ses rives. En éliminant ainsi les jours de forte bise ou de fort vent du

midi, il ne reste que les deux tiers environ des jours des mois de février, mars et avril, et les trois quarts dans les autres mois.

L'étude du tableau des observations montre l'existence d'une variation diurne très-prononcée dans la direction du vent, à toutes les époques de l'année. La proportion des vents du nord augmente des premières heures du matin à celles du milieu du jour, tandis que la proportion des vents du sud diminue ; la marche inverse a lieu entre le milieu du jour et le soir ; il est impossible de ne pas reconnaître là des vents périodiques aussi réguliers qu'au bord de la mer. On s'aperçoit, ce qui n'est pas étonnant, que la vallée de l'Arve n'est pas sans influence sur la direction de la brise du lac et de la brise de terre.

La durée des bises du lac varie notablement avec les saisons, ce qui tient à ce que la différence entre la température du lac et la température moyenne de l'air n'est point toujours la même. Au mois de décembre où cette différence est la plus considérable, la bise du lac n'a plus lieu et le vent souffle du sud pendant toute la journée.

La brise du lac exerce une influence marquée sur la température des rives ; ce courant atmosphérique doit, pendant toute l'année, mais surtout au printemps et en été, abaisser la température d'une manière notable, la température de l'eau étant plus basse que celle du sol aux heures chaudes de la journée. Mais si le lac empêche par l'air froid qu'il dirige sur ses rives, que la température de celle-ci s'élève autant que cela aurait lieu sans son influence, on ne peut lui attribuer une influence semblable pour tempérer le froid de la nuit et de l'hiver, car alors le vent souffle de terre et amène par con-

séquent de l'air dont la température n'a pas été élevée par le voisinage du lac. Ainsi, d'après les vents périodiques qui lui doivent leur origine, le voisinage du lac tend à abaisser en moyenne la température ; l'action réfrigérante exercée par le lac lorsque l'eau est plus froide que l'air et le sol, n'étant pas compensée par l'action contraire, bien que la température de l'eau qu'il renferme soit en général plus élevée que celle de ses rives. En résumé la brise du lac abaisse notablement la température et la brise de terre ne tend pas à l'élever beaucoup.

M. Plantamour revient ensuite aux jours qu'il avait laissés de côté, ceux de forte bise ou de fort vent du midi, où le mouvement de l'atmosphère s'étend sur une surface considérable et doit être attribué à des causes générales et non aux circonstances physiques de la vallée du Léman. Le nombre des jours de bise dans chaque mois est notablement plus fort de novembre à mai inclusivement que dans le reste de l'année, et c'est en février et mars que se trouve le maximum; c'est aussi la saison du mistral en Provence, ce qui semble prouver que les vents du nord qui soufflent dans notre vallée à cette époque, sont principalement dus à l'aspiration de la Méditerranée. Par contre, le nombre des jours de bise atteint son minimum en été, au mois de juillet.

Quant au nombre des jours de forts vents du midi, il est notablement plus grand au printemps et en été que dans le reste de l'année ; le maximum a lieu au mois d'avril ; toutefois le nombre en est presque aussi considérable en mars, mois dans lequel l'atmosphère est le plus violemment agitée, soit par l'alizé supérieur, soit par l'alizé inférieur.

En recherchant quelle avait été dans chaque cas la

durée, soit des fortes bises, soit des forts vents du midi, M. Plantamour s'est assuré qu'il n'y avait rien de fondé dans le dicton populaire d'après lequel la bise dure, en général, trois jours, ou six jours, ou neuf jours. Celles dont la durée s'étend à trois jours ne forment qu'un cinquième du nombre total, car la durée moyenne de la bise est de deux jours; il n'y a, dans les quinze ans d'observation, que quatre cas d'une bise ayant duré six jours; la plus longue durée a été de sept jours; ce cas ne s'est présenté qu'une fois. La durée du vent du midi est en général moins longue; les cas où elle a été de un ou de deux jours forment les trois quarts du nombre total; la plus longue durée du vent du midi a été de sept jours et la durée moyenne est de un jour et demi.

État hygrométrique de l'air.

Après nous être occupé d'une manière générale de l'atmosphère au point de vue de sa température, de sa pression et de son mouvement, étudions d'une manière plus particulière le rôle que joue dans les phénomènes météorologiques la vapeur aqueuse qui s'y trouve répandue en plus ou moins grande quantité. Commençons d'abord par la détermination de la proportion de vapeur d'eau que renferme l'air, soit de son état hygrométrique. Remarquons que l'état hygrométrique de l'air se compose de deux éléments distincts :

1° La tension de la vapeur, c'est-à-dire sa force élastique mesurée par le nombre de millimètres de mercure auxquels elle fait équilibre, donnée de laquelle, étant connue la température, on peut déduire la quantité absolue de vapeur aqueuse qui se trouve dans un certain volume d'air.

2° La fraction de saturation, c'est-à-dire la proportion de vapeur d'eau qui se trouve dans l'air en un moment donné par rapport à celle qui s'y trouverait si, sans changement dans la température, l'air était saturé.

Ces déterminations ont été faites au moyen du psychromètre ; les tableaux des observations des douze années de 1849 à 1860 donnent pour chacune, les moyennes mensuelles de la tension de la vapeur, et la fraction de saturation observée aux différentes heures du jour. La tension est exprimée en millimètres de mercure, et l'unité de saturation représente le cas où l'air est saturé. On trouve encore dans ces tableaux le minimum absolu et le maximum absolu de la tension enregistrés dans le courant de chaque mois, et de même pour la fraction de saturation, en ajoutant le nombre de cas dans chaque mois où la fraction avait été trouvée égale à l'unité, c'est-à-dire où l'air était saturé.

L'étude de ces tableaux conduit M. Plantamour à plusieurs conséquences intéressantes.

Ainsi la variation diurne de la tension de la vapeur aqueuse présente de grandes différences d'une époque de l'année à l'autre. En hiver, ou plutôt de novembre à février, elle ne présente qu'une seule oscillation dans le cours de 24 heures, le maximum ayant lieu environ une heure après le maximum de température et le minimum coïncidant avec celui de la température. Du mois d'avril au mois de septembre, au contraire, on trouve une double oscillation diurne ; l'un des deux minimum coïncide avec celui de la température, tandis que l'autre coïncide avec celui du maximum de la température ; les deux maximum de tension se rencontrent aux deux époques de la journée, le matin et le soir, où la tempé-

rature passe par la moyenne des vingt-quatre heures. Les mois de mars et d'octobre forment une transition entre ces deux parties de l'année, la tension restant à peu près stationnaire de 10 ou 11 heures du matin à 6 heures du soir, au lieu d'augmenter comme en hiver ou de diminuer comme en été.

La diminution de tension à la surface du sol qui a lieu dans les mois d'été à partir de 9 heures du matin, provient du réchauffement du sol qui produit un courant ascendant, lequel entraîne rapidement la vapeur d'eau dans les régions plus élevées de l'atmosphère, en sorte que la tension diminue à la surface du sol. La preuve de ce transport de vapeur d'eau se trouve, non-seulement dans les observations psychrométriques faites par M Kæmtz et d'autres savants sur des montagnes élevées, mais aussi dans la formation des nuages. En effet, la proportion des nuages augmente d'une manière notable en été de 10 heures du matin à 4 ou 6 heures de l'après-midi; et comme de l'une de ces époques à l'autre la température s'élève dans la région où ces nuages se forment, il est impossible d'expliquer une pareille condensation autrement que par l'adjonction de nouvelles quantités de vapeurs entraînées par les courants ascendants.

La variation diurne de la fraction de saturation suit presque exactement, comme on devait s'y attendre, la marche inverse de la variation diurne de la température, le minimum de cette fraction coïncidant avec le maximum de température et vice-versa.

Il est intéressant de connaître combien l'état hygrométrique moyen peut varier, pour le même mois, d'une année à l'autre; on en tire par le calcul la tension moyenne, la fraction moyenne de saturation pour chaque

saison et pour chaque année météorologique pendant les douze années qu'embrassent les observations. En combinant ces résultats, on obtient l'état hygrométrique moyen de l'air à Genève qui se trouve très-approximativement être le suivant dans les quatre saisons et dans l'année :

	Tension de la vapeur.	Fraction de saturation.
Hiver........	$4,15^{mm}$	0,851
Printemps....	5.96^{mm}	0,730
Été.........	$10,35^{mm}$	0,702
Automne.....	$7,47^{mm}$	0,814
Année.......	$7,00^{mm}$	0,776

Les tableaux des observations montrent en outre que les deux éléments qui caractérisent l'état hygrométrique de l'air varient, en général, d'une manière inverse l'un de l'autre, dans l'année; cependant cette marche n'est pas exactement inverse, car on trouve une saison *sèche* au printemps pendant laquelle, soit la tension, soit la fraction de saturation sont au-dessous de la moyenne annuelle, et une saison humide en automne pendant laquelle, soit la tension, soit la fraction de saturation, sont au-dessus de la moyenne annuelle. En hiver, la tension est au-dessous de la moyenne, mais la fraction de saturation est plus forte; en été, au contraire, la tension est au-dessus de la moyenne, mais la fraction de saturation est plus faible.

L'époque du minimum annuel de la tension coïncide à très-peu près avec celle du maximum de la fraction de saturation ; du 1er au 15 janvier, on trouve $3,98^{mm}$ pour la tension minimum et 0,869 pour la fraction de saturation maximum ; mais tandis que la tension n'augmente que très-lentement en février et en mars, la fraction de

saturation diminue très-rapidement. La saison sèche dure 62 jours, du 5 mars au 5 mai inclusivement, c'est-à-dire que pendant ce laps de temps on trouve relativement à la moyenne annuelle un excès négatif pour les deux éléments qui caractérisent l'état hygrométrique de l'air ; la valeur moyenne de la tension pendant ces 62 jours est de $5,26^{mm}$, et la fraction moyenne de saturation de 0,729 ; quantités toutes deux inférieures à la moyenne de l'année.

Le maximum annuel de la tension, s'élevant à $10,75^{mm}$, arrive du 28 au 29 juillet, six jours plus tard que le minimum de la fraction de saturation qui est égal à 0,682 ; dans les mois d'août et de septembre, la tension diminue lentement ; le 12 septembre, elle est encore de $9,75^{mm}$, tandis que la fraction de saturation, qui augmente rapidement, a déjà atteint sa valeur moyenne annuelle. C'est le 24 octobre seulement que la tension de la vapeur atteint sa moyenne annuelle, tandis que la fraction de saturation est déjà égale à 0,846, soit de 0,070 au-dessus de la moyenne. La saison *humide* dure ainsi 42 jours, du 12 septembre au 23 octobre inclusivement ; pendant ce laps de temps, on trouve, relativement à la moyenne, un excès positif dans les deux éléments qui caractérisent l'état hygrométrique de l'air. En effet, la valeur moyenne de la tension est pendant ces 42 jours de $8,51^{mm}$, et celle de la fraction de saturation de 0,810.

Si nous examinons de près ce qui concerne les *minima* et les *maxima*, nous trouvons que le minimum annuel varie très-peu d'une année à l'autre ; il est en moyenne de $1,67^{mm}$; le maximum annuel présente des variations beaucoup plus fortes ; il s'élève en moyenne à $17,37^{mm}$; le minimum observé dans l'intervalle des douze

années a été de 1.07mm, et le maximum absolu de 20,34mm. Le minimum annuel de tension a presque toujours lieu en décembre ou janvier ; une fois il a été en novembre, et une autre fois en mars. Quant au maximum, il a toujours lieu en juin, juillet ou août ; en 1849 seulement il a eu lieu en septembre.

Quant à la fraction de saturation, observons seulement que le nombre total des cas, dans le courant de l'année, dans lesquels l'air est saturé entre 6 heures du matin et 10 heures du soir est de 164, c'est-à-dire que sur vingt observations faites dans cette partie de la journée, il y en a une où l'air est saturé. Il y a d'assez grandes différences sous ce rapport d'une année à l'autre.

Des hydrométéores.

On comprend sous ce nom tous les phénomènes météorologiques qui sont dus à la présence de la vapeur aqueuse dans l'atmosphère, rosée, nuages, brouillards, pluie ou neige.

C'est depuis 1846 qu'on a commencé à évaluer numériquement, à Genève, le degré de clarté du ciel, en exprimant par une fraction décimale la partie du firmament couverte par les nuages, 0,0 indiquant un ciel complétement clair, par conséquent sans nuages, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un tableau contenant la moyenne des observations faites de 6 heures du matin à 10 heures du soir pendant 15 ans, de 1847 à 1861, fait reconnaître une variation diurne assez régulière, mais différente d'une saison à l'autre, dans le degré de clarté du ciel. En automne et en hiver, c'est le matin entre 6 heures et 8 heures que la proportion de nuages est la

plus considérable ; le ciel s'éclaircit l'après-midi jusqu'au commencement de la soirée ; puis la fraction augmente de nouveau. Dans cette saison les nuages, à moins de causes accidentelles, sont dus essentiellement à la condensation de la vapeur produite par le refroidissement des couches inférieures de l'atmosphère. Le réchauffement de l'air pendant le jour dissout en partie ces nuages ; on peut remarquer que c'est en septembre et octobre où les rosées sont les plus abondantes et la variation diurne de la tension de la vapeur la plus prononcée, que l'on trouve également le plus de différence dans la clarté du ciel entre le matin et le soir. Au printemps et en été, il y a un maximum dans la proportion des nuages le matin au lever du soleil, puis la fraction diminue dans les premières heures de la matinée pour augmenter à partir de 9 heures du matin, au lieu de diminuer comme dans les deux autres saisons, et atteindre un second maximum entre 4 et 6 heures de l'après-midi, après quoi le ciel s'éclaircit de nouveau. Ce double maximum, ainsi que le double minimum, s'expliquent très-bien en tenant compte de la chaleur solaire combinée avec le refroidissement nocturne et les courants d'air ascendants le matin et descendants le soir, qui entraînent la vapeur avec eux.

La marche normale du phénomène périodique de la formation et de la disparition des nuages est parfaitement d'accord avec les résultats trouvés par l'état hygrométrique des couches inférieures de l'atmosphère, sauf les perturbations accidentelles causées par les courants atmosphériques qui, amenant dans les régions supérieures de l'air plus froid ou de l'air plus chargé de vapeurs, provoquent la formation des nuages, tandis que si l'air

amené est plus chaud ou plus sec, ils les font disparaître.

Malgré d'assez grandes différences d'une année à l'autre, M. Plantamour a pu, au moyen des observations qu'il possède, établir avec une assez grande approximation le degré moyen de clarté du ciel pour chaque mois. Les trois mois où la proportion des nuages est la plus forte sont ceux de novembre, décembre et janvier, le maximum ayant lieu en décembre. L'été est la saison la plus claire, et le minimum dans la proportion des nuages a lieu en juillet où elle est à peu près la moitié de celle du mois de décembre. La diminution dans la proportion des nuages de décembre en juillet n'est pas régulière ; il y a en particulier un minimum en mars qui est normal, ce qui tient à ce qu'au printemps l'accroissement de la température et de l'humidité, et l'augmentation notable des vents du sud sont des causes qui ramènent une plus grande proportion de nuages qu'en mars, comme aussi, ainsi que nous allons le voir, un accroissement correspondant dans la quantité et dans le nombre des jours de pluie.

Une formule représente très-bien le degré moyen de clarté du ciel dans sa variation annuelle, et elle donne pour chaque mois la proportion des nuages d'une manière qui s'accorde avec l'observation.

En résumé, en hiver le nombre de jours où le ciel est couvert en totalité ou sur plus des trois quarts de sa surface est de 60, soit les deux tiers du nombre total, et on ne compte que 16 jours vraiment beaux, soit un cinquième ou un sixième du nombre total. En été les jours beaux ou très-beaux forment la moitié de la durée de la saison, les jours couverts n'en formant que le quart en-

viron. Le printemps est plus clair que l'automne. En somme, dans l'année, le nombre des jours beaux et très-beaux est de 121, soit le tiers à peu près, et on compte 171 jours, soit un peu moins de la moitié, où le ciel est couvert en totalité ou en très-grande partie.

M. Plantamour réserve le nom de *jours de brouillard* à ceux où la condensation de la vapeur vésiculaire a lieu à la surface même du sol, excluant par conséquent tous les jours, très-fréquents à Genève, à la fin de l'automne et au commencement de l'hiver, où le niveau inférieur de la couche des nuages est très-peu élevé, à deux ou trois cents pieds seulement au-dessus du lac. Cette distinction a de l'importance au point de vue hygrométrique, parce que l'air des couches superficielles n'est saturé de vapeur que dans le premier cas, celui de vrais brouillards. Le nombre des jours où ils ont lieu est de 33 en moyenne, dont la presque totalité, savoir 30, tombent sur l'hiver et sur l'automne ; le brouillard est une exception très-rare en été, et le nombre moyen au printemps est seulement de 2. On ne trouve de jours où le brouillard a duré toute la journée que d'octobre à février, et encore très-peu en octobre et en février, et le plus en décembre ; pendant les sept autres mois de l'année, le brouillard n'est qu'un fait exceptionnel et passager, et sa durée n'est que d'un petit nombre d'heures dans la matinée.

C'est donc au commencement de l'hiver que ces brouillards persistants dus à l'évaporation de l'eau du lac, plus chaude à cette époque que l'air, sont les plus fréquents. Au mois de décembre 1847 on compte 14 jours, dont 8 consécutifs, où le brouillard a duré tout le jour ; c'est le nombre le plus considérable dans la série des quinze dernières années.

Le nombre des jours de pluie et la quantité d'eau tombée ont pu être relevés par M. Plantamour pour 36 années, de 1826 à 1861. Il résulte de ces tableaux que la pluie, soit quant à sa fréquence, soit quant à son abondance, est un des éléments météorologiques qui présentent la plus grande variabilité d'une année à l'autre. Du reste, la moyenne pour les 36 années, est pour chaque saison et pour l'année entière, résumée dans le tableau suivant :

	Nombre moyen des jours de pluie.	Quantité moyenne de la pluie.
Hiver......	26,2	136mm,4
Printemps..	32,2	183mm,0
Été........	29,8	226mm,6
Automne...	32,4	279mm,5
Année.....	120,4	825mm,5

M. Plantamour a calculé, au moyen des données de l'observation, quelle était la quantité probable de pluie qui tombe dans chaque mois, dans chaque saison et dans chaque année. La quantité totale de pluie qui tombe dans l'année ne présente pas, en proportion, une variabilité aussi grande que celle qui tombe dans un mois ; aussi l'écart probable sur la pluie de l'année qui est de 105 millimètres, est la huitième partie de la quantité totale, tandis que pour un mois l'écart probable varie en général de la moitié au tiers de la quantité totale ; pour quelques mois même, il est un peu au-dessus de la moitié. Il s'établit ainsi, en général, une compensation partielle entre la surabondance d'eau pendant une partie de l'année et la sécheresse de l'autre.

Un fait assez curieux, c'est que le nombre des cas où la quantité de pluie tombée dans un mois est inférieure

à la quantité moyenne, est plus grand que celui où il en est tombé une quantité supérieure. On trouve la même chose dans chacune des saisons; le nombre des cas où une saison a été sèche, c'est-à-dire a fourni une quantité d'eau inférieure à la moyenne, est plus grand que celui où la même saison a été humide et a fourni plus d'eau, tandis que pour l'année entière l'inverse a lieu; il y a un plus grand nombre d'années pluvieuses où la pluie totale de l'année dépasse la moyenne que d'années sèches où elle est inférieure. Tandis que la proportion des mois secs l'emporte de beaucoup, et dans chaque saison, sur celle des mois pluvieux, puisque dans le cours des 36 ans, il y a 246 mois secs et 186 mois pluvieux, et que la proportion des saisons sèches l'emporte également sur celle des saisons pluvieuses, puisqu'il y a eu 82 saisons sèches et 62 saisons pluvieuses, le nombre des années pluvieuses est supérieur à celui des années sèches de 21 à 15. Cette contradiction apparente tient à ce que les écarts positifs sont dans chaque mois notablement plus forts que les écarts négatifs, et qu'il suffit d'un très-petit nombre d'écarts positifs, dans le courant de l'année, pour compenser, et au delà, les écarts négatifs. Ainsi, toutes les fois que le nombre des mois secs a été égal ou inférieur au nombre des mois pluvieux, l'année entière a été pluvieuse; avec une proportion de 7 mois secs et 5 mois pluvieux, il s'est présenté 5 cas où l'année a été pluvieuse et seulement 4 où elle a été sèche. Enfin sur les 11 années dans lesquelles on comptait 8 mois secs et 4 mois pluvieux, il s'en est trouvé trois où l'excédant de pluie de ces 4 mois a dépassé le déficit des 8 mois secs et où l'année entière a fourni un excédant et a, par conséquent, été pluvieuse. Il est même arrivé une fois,

en 1839, que l'excédant d'eau de trois mois pluvieux, a dépassé, d'une petite quantité, il est vrai, le déficit total des 9 autres mois.

Il résulte du tableau qui renferme pour les 36 années d'observation, le nombre moyen des jours de pluie, ainsi que la quantité moyenne de la pluie tombée, qu'il y a une variation annuelle très-prononcée dans la fréquence et dans l'abondance de pluie, d'un mois à l'autre, parce que les différences d'un mois à l'autre ou d'une saison à l'autre, dépassent notablement les limites des erreurs probables. Deux formules qui représentent, l'une la variation annuelle de la fréquence de la pluie, l'autre la variation annuelle de son abondance, donnent des résultats très-peu différents de ceux de l'observation. Ces résultats conduisent à distinguer, sous le rapport de la fréquence de la pluie, deux saisons sèches, l'une d'hiver, l'autre d'été, et deux saisons humides, au printemps et en automne. La première saison sèche s'étend du 15 novembre au 3 avril et dure 159 jours, le minimum ayant lieu au mois de février ; la seconde plus courte que la première, dure 58 jours, du 21 juin au 26 août, et le minimum du 27 juillet est plus élevé que celui de février. La saison humide du printemps dure 87 jours, du 3 avril au 29 juin ; le maximum au milieu de mai est le plus élevé ; la saison humide d'automne dure 81 jours, du 26 août au 15 novembre ; le second maximum a lieu au commencement d'octobre. Il y a aussi, sous le rapport de l'abondance de la pluie, deux saisons sèches et deux saisons humides, puisque l'abondance relative de la pluie diminue du 31 mai au 22 juillet pour augmenter ensuite, mais le minimum de juillet est d'une très-faible quantité au-dessus de la moyenne annuelle.

La saison sèche d'hiver est donc la plus prononcée, soit sous le rapport de la fréquence, soit sous le rapport de l'abondance, bien que la diminution de mai à juillet soit très-sensible et dépasse les limites des erreurs probables. C'est l'automne qui est la saison la plus caractérisée, sous le rapport de l'abondance de la pluie, tandis que, sous le rapport de la fréquence, le printemps est la saison pluvieuse la plus prononcée.

La distribution de la pluie que nous venons de signaler montre bien que, sous le rapport de la pluie aussi bien que sous celui des vents, Genève fait partie de la région méditerranéenne; mais dans les parties de cette région septentrionales et plus éloignées de la mer, la saison sèche de l'été est moins prononcée, la saison pluvieuse commence plus tôt, déjà au mois d'août, et elle ne se prolonge pas pendant l'hiver qui est, au contraire, la saison sèche; c'est ce qui arrive pour Genève. Dans la partie centrale de l'Europe et dans le bassin du Rhin, c'est l'été qui est la saison pluvieuse, l'hiver la saison sèche. Il est assez remarquable que Genève, avec ses deux saisons sèches et ses deux saisons pluvieuses, participe à la fois des caractères des deux régions et forme, pour ainsi dire, une transition de l'une à l'autre.

Il y a des périodes de sécheresse et de pluies consécutives qu'il est intéressant de noter. Ainsi sur les 432 mois compris dans les 36 années d'observation, il y a 4 cas où la sécheresse a duré 35 jours et au delà, 4 où elle a duré de 30 à 35 jours, 15 de 25 à 20 jours, enfin 19 de 20 à 25 jours. — Le mois de septembre offre les deux extrêmes qui se sont rencontrés pendant les 36 années, savoir le maximum absolu de jours consécutifs sans pluie et le minimum de la plus longue durée de jours sans

pluie. Il est arrivé 30 fois que le plus long intervalle de jours sans pluie y a été de 4 jours et 14 fois qu'il a été de 3 jours ; une seule fois, en 1830, au mois de septembre, il a été de 2 jours seulement. Il s'est présenté sur les 432 mois qu'embrasse la série, trois cas où la pluie a duré plus de 10 jours, cinq où sa durée a été de 10 jours, six de 6 jours, treize de 8 jours et seize de 7 jours. Il y a 80 mois où la pluie n'a pas duré plus de 2 jours de suite.

Un tableau renferme la pluie la plus abondante qui a été enregistrée dans le courant de chaque année et le mois dans lequel elle est tombée. Ce tableau montre que la pluie la plus abondante qui se rencontre dans le courant de l'année est en moyenne de $54^{mm},2$. Quant aux époques où a lieu le maximum dans l'année, c'est essentiellement en septembre et en octobre, puis en mai et en juin, en mars, en décembre et janvier ; il n'y en a jamais eu en avril. Deux cas exceptionnels en fait de maximum peuvent être cités dans l'intervalle des 36 années ; c'est celui de la trombe d'eau du 20 mai 1827 qui produisit en très-peu d'heures $162^{mm},4$ d'eau et celui de la nuit du 20 au 21 décembre 1841 où il tomba une trombe de neige très-imbibée d'eau ; la hauteur de la couche de neige mesurée immédiatement était de 500^{mm} et la quantité d'eau recueillie de $176^{mm},5$.

Dans les observations météorologiques enregistrées par M. Plantamour, on a réservé le nom d'*orage* au cas où la chute d'eau a été accompagnée d'éclairs et de tonnerres, ne comprenant pas sous cette désignation, ni les orages lointains où les tonnerres ne pouvaient être entendus, ni les éclairs de chaleur proprement dits, ni les coups de vent subits et violents non accompagnés de décharges électriques.

Ainsi restreint le nombre total des jours d'orage s'est élevé pendant les 16 dernières années d'observation à 399, ce qui fait une moyenne annuelle de 25 environ ; les trois mois d'hiver n'ont fourni en tout que six jours d'orage pendant les 16 ans ; en somme pendant les cinq mois de novembre à mars inclusivement la somme des jours d'orage a été de 12, soit trois pour cent du nombre total. Les orages sont donc pendant cette partie de l'année des phénomènes exceptionnels qui ne se présentent qu'une fois tous les sept ans dans chacun de ces mois. Les trois mois d'été fournissent par contre les deux tiers du nombre total et, en réunissant à ces trois mois ceux de mai et de septembre, on trouve que les cinq mois réunis donnent 89 pour cent du nombre total.

Il y a quelquefois plus d'un orage dans le même jour, ce qui fait que le nombre total des orages est de 478, par conséquent supérieur à 399, nombre de jours d'orage. — La direction prédominante des nuages orageux paraît être celle du sud et de l'ouest, c'est-à-dire que c'est de ces deux points de l'horizon que les nuages orageux semblent essentiellement venir.

Nous venons de donner une analyse détaillée de l'important ouvrage de M. Plantamour. Nous aurions pu insister encore sur bien des points intéressants que l'auteur a traités; mais nous aurions été obligé de reproduire tout l'ouvrage. Nous nous bornerons donc à signaler à l'attention de nos lecteurs un tableau dans lequel, sous le titre de *Valeurs normales des éléments météorologiques pour tous les jours de l'année*, sont mises en regard pour chacun des jours, les moyennes diurnes de la tempéra-

ture de l'air, de celle du Rhône, de la hauteur du baromètre, de la tension de la vapeur et de la fraction de saturation. Rien ne peut mieux résumer ce qui constitue le climat de Genève, que l'inspection de ce tableau où tous les éléments météorologiques sont ainsi rapprochés les uns des autres.

S'il nous était permis d'adresser un reproche à M. Plantamour, ce serait de regretter la réserve prudente dans laquelle il s'est maintenu quant aux déductions générales à tirer de ses recherches si laborieuses et si complètes Nous aurions aimé le voir faire quelques rapprochements entre le climat de Genève et celui d'autres contrées, et insister d'une manière un peu plus spéciale sur ce que le climat de Genève a de caractéristique. Peut-être aussi aurait-il pu faire ressortir un peu plus, comme il l'a fait pour la question de la variation diurne du baromètre, les conséquences qu'on peut tirer de ses observations pour l'avancement de la météorologie générale Nous reconnaissons volontiers qu'il a fourni de la manière la plus complète et la plus explicite, toutes les données nécessaires pour traiter les questions que je viens d'indiquer. Peut-être a-t-il préféré laisser à d'autres la liberté de s'aventurer sur ce terrain un peu dangereux. Espérons pourtant qu'il voudra bien combler lui-même une fois la lacune que nous lui signalons. Personne ne pourrait mieux s'acquitter de cette tâche que le savant qui a réuni et combiné avec tant de soin et de science tous les éléments nécessaires pour la mener à bonne fin. Sans cette espérance nous aurions été tenté de l'aborder, mais nous avons reculé devant la difficulté d'un semblable travail et devant la crainte, faute d'avoir manié et retourné suffisamment toutes les données de la question, de tomber dans quelque erreur regrettable.

Sans doute, si nous avions voulu nous borner à quelques considérations générales, nous aurions pu insister sur l'influence relativement refroidissante pour le climat de Genève, du voisinage de montagnes le plus souvent couvertes de neige, sur le rôle que jouent dans la direction des vents et la chute de la pluie ou de la neige, la configuration en vallées découpées et en montagnes, du pays qui environne Genève. Nous aurions pu également ajouter quelques détails sur les phénomènes, tels que les orages et la grêle, dans lesquels l'électricité a une part plus ou moins grande. Mais, nous le répétons, tous ces points nous n'aurions pu les traiter qu'imparfaitement, et nous nous en remettons à M. Plantamour du soin de compléter dans l'avenir le beau travail dont nous avons cherché, dans les pages qui précèdent, à donner à nos lecteurs une idée aussi complète que nous l'avons pu.

A. DE LA RIVE.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

F. KOHLRAUSCH. SUR L'ACTION SUBSÉQUENTE DE L'ÉLASTICITÉ DE TORSION. (*Pogg. Ann.*, 1863, n° 7, p. 337.)

Lorsqu'on exerce un effort sur un corps élastique, on suppose en général qu'il s'y opère une modification instantanée et que soit le changement de forme du corps, soit la réaction qui en résulte se produisent immédiatement et restent constants. On sait toutefois que cette hypothèse n'est pas l'expression exacte du phénomène, et qu'à partir du moment où la force extérieure est appliquée, les forces élastiques varient en tendant vers une limite, mais dans la plupart des cas, cette variation est telle qu'on peut la supposer nulle au bout d'un temps très-court. Il n'en est pas cependant toujours ainsi et, en particulier, lorsqu'on se sert de la force élastique de torsion dans une balance de torsion, il peut être nécessaire de tenir compte de la variation du moment de torsion du fil. Les recherches de M. Kohlrausch ont pour objet l'étude de cette variation.

L'auteur a expérimenté surtout avec des fils en verre. On sait que ces fils ne sont pas susceptibles de recevoir des déformations permanentes, parce qu'ils se brisent dès qu'on dépasse leur limite d'élasticité. On est ainsi certain que l'élasticité reste constante. Les fils avaient environ 35 centimètres de long et 0,0029 millimètres de section.

Dans une première série d'expériences, l'auteur a étudié la variation du moment de torsion à partir de l'instant où le fil est tordu. L'aiguille d'un électromètre à sinus, au lieu d'être sup-

portée sur un pivot, était suspendue à l'extrémité inférieure du fil; l'extrémité supérieure du fil était fixée à la cage de l'instrument. On disposait les choses de façon à rendre parallèles le miroir de l'aiguille et celui de la cage, tout en maintenant le fil sans tension. En faisant tourner ensuite la cage jusqu'à amener de nouveau le parallélisme, on obtenait des angles de torsion de une ou de plusieurs circonférences, et l'angle de l'aiguille avec le méridien donnait la mesure du moment de torsion. En observant à partir de cet instant la variation de cet angle, on obtenait la variation du moment de torsion, l'angle de torsion restant constant. Les résultats obtenus de cette manière avec deux fils différents sont analogues : le moment de torsion diminue constamment à partir de la première observation; cette diminution d'abord rapide finit par devenir insensible au bout de 24 heures environ. La variation durant les 1300 premières minutes a été 0,022 de la valeur initiale pour le premier fil et de 0,035 pour le second. Pendant les 5 premières minutes, la variation est de demi pour cent. Il faudrait donc en tenir compte dans des mesures que l'on voudrait rendre exactes à ce degré-là. Pour représenter la variation du moment de torsion, l'auteur donne la formule :

$$x = x_0 + ce^{-\mathrm{atm}}$$

Dans une seconde série d'observations, on a expérimenté de la manière suivante : on maintient pendant un certain temps le fil tordu, puis on le détord et on ramène l'aiguille dans sa position initiale relativement au fil; tandis qu'avant la torsion, cette position coïncidait avec le méridien, il faut maintenant pour l'y maintenir un moment magnétique qui va en diminuant avec le temps et dont on étudie la variation. Un même fil a été maintenu tordu pendant deux jours environ, successivement de 2 et de 3 circonférences; au bout de 26 heures l'angle avec le méridien est redevenu sensiblement nul. Le rapport des moments correspondant à des temps égaux dans les deux cas est à peu près constant et égal à celui des angles de torsion, $^2/_3$.

D'autres observations ont été faites en faisant varier le temps que durait la torsion. La formule déjà donnée s'applique aussi à ces différents cas.

La variation du moment de torsion est le résultat complexe de la variation du coefficient d'élasticité et de celle de l'angle de torsion. Avec l'électromètre il n'était pas possible de séparer ces deux éléments.

L'auteur a fait quelques expériences sur des fils métalliques en se servant d'un appareil propre à mesurer l'angle de torsion. Un levier de torsion portant un miroir est suspendu à l'extrémité du fil dans une cage en verre et on observe la déviation au moyen d'une règle divisée et d'une lunette. Avec un fil en laiton écroui à la filière, on a trouvé que le miroir ne reprenait que rarement sa position initiale après qu'on avait exercé une torsion ne dépassant pas cependant 90°. On a vu aussi que des causes extérieures agissaient d'une manière sensible pour déterminer une position d'équilibre différente de la première. Ainsi, en frappant sur la cage, on a amené le miroir de 816 à 858 ; puis le fil est revenu très-lentement vers l'équilibre ; au bout d'un jour la lecture était 821. Ces nombres expriment des parties de l'échelle divisée ; une partie correspond à un angle de 0',8. La déviation qui subsiste après la torsion s'accorde avec la formule

$$x = bt^{-m}$$

Pour une torsion de 90° maintenue seulement pendant 1^m, la déviation est encore de 20' environ au bout de $1^m\,{}^1/_2$.

Prof. Tyndall. Note sur la correction de Laplace pour la détermination de la vitesse du son. (*Philosophical Magazine*, novembre 1863.)

Newton trouva, comme on le sait, que la vitesse calculée du son dans l'air différait de sa vitesse réelle obtenue plus tard par l'expérience, d'une quantité égale à environ un sixième de la vitesse totale. Laplace expliqua cette différence en montrant que,

outre les changements dans l'élasticité de l'air provenant des changements de densité, les seuls dont Newton tenait compte, l'élasticité réelle du milieu était accrue par suite des changements de température dus aux condensations et raréfactions successives de l'onde sonore. Partant de ce fait, il démontra que pour obtenir la vitesse réelle du son dans l'air, il fallait multiplier le résultat calculé par Newton par la racine carrée du quotient obtenu en divisant la chaleur spécifique de l'air à pression constante par sa chaleur spécifique à volume constant. Ce rapport, il est vrai, n'était pas connu de Laplace, mais ce physicien, sachant que la vitesse du son dans l'air avait déjà été déterminée avec une grande exactitude, renversa le procédé, et déduisit de la vitesse expérimentale du son le rapport entre les deux chaleurs spécifiques. Ce rapport se trouva être de 1, 421. On sait maintenant que la différence entre ce nombre et l'unité, soit 0,421 exprime la quantité de chaleur dépensée en travail lorsque l'air est libre de se dilater sous une pression constante ; et que de ce nombre on peut déduire immédiatement l'équivalent mécanique de la chaleur. L'identité presque complète de l'équivalent ainsi déterminé avec celui établi par M. Joule au moyen de l'expérience directe, ne laisse aucun doute sur l'exactitude du résultat obtenu par Laplace.

On croyait généralement, à l'époque où écrivait l'illustre physicien français, que les fluides élastiques étaient dénués de toute espèce de pouvoir rayonnant ; et en effet, l'absence de toute propriété de ce genre chez les gaz est admise dans son calcul comme un fait acquis. Laplace suppose que l'effet de la chaleur et du froid était employé en entier à changer l'élasticité de l'air atmosphérique, et qu'il n'y avait aucune perte de chaleur, ni par rayonnement, ni par conductibilité. Il était même disposé à étendre cette conclusion aux fluides élastiques en général, de manière à pouvoir déduire de l'un quelconque d'entre eux le rapport des deux chaleurs spécifiques. C'est à ce sujet que le Dr Tyndall pose la question, si dans l'état actuel de nos connaissances, la conclu-

sion ci-dessus doit être regardée comme conforme aux faits observés, et si l'exactitude du résultat obtenu par Laplace, en ce qui concerne l'air atmosphérique, ne provient peut-être pas d'une propriété particulière de l'air, inconnue à l'époque où il vivait, mais qui distingue ce gaz de la plupart des autres fluides élastiques? Les expériences récentes de M. Tyndall semblent, en effet, prouver, que si l'air atmosphérique ne possède aucun pouvoir sensible d'absorption ou de rayonnement calorifique, et que partant, les condensations et raréfactions successives de ce fluide ne peuvent exercer aucune action sensible pour neutraliser, par le rayonnement, les différences de température entre les portions condensées et dilatées de l'onde sonore, il en est tout autrement de la plupart des autres gaz. Le physicien anglais a, en effet, démontré que l'ammoniaque et le gaz oléfiant, par exemple, sont capables d'absorber de 80 à 90 pour cent de la chaleur émanant d'une source obscure, et on sait que le pouvoir rayonnant est en raison du pouvoir absorbant. Qu'on imagine donc une série d'ondes sonores propagées à travers une atmosphère de gaz oléfiant; dans ce gaz, chaque portion d'onde réchauffée par la condensation aura un fort pouvoir rayonnant, et chaque portion refroidie par la dilatation aura un fort pouvoir absorbant. Ces deux portions d'onde ne pourront donc pas exister en présence l'une de l'autre, sans qu'il y ait à l'instant perte de chaleur d'une part et gain correspondant de l'autre. La tendance générale dans ce cas est bien certainement de diminuer la portion de la force élastique sur laquelle porte la correction de Laplace, d'où il résulte que la vitesse du son dans le cas d'un gaz de la nature ci-dessus, doit se rapprocher davantage de celle déduite de la formule de Newton que ce qui a lieu dans le cas de l'air atmosphérique. Il est difficile d'admettre que ce résultat puisse rencontrer un obstacle suffisant dans la rapidité des vibrations. En effet, dès qu'une molécule reçoit, par suite de la condensation, une addition à son mouvement calorifique, ce mouvement doit se dépenser, au moins en partie, dans l'éther où s'agite la molécule en question. Or, en admettant une

perte quelconque de cette nature, il est évident que la correction de Laplace ne sera plus applicable au milieu dans lequel elle a lieu, et il deviendra impossible de déduire un rapport exact au moyen de la vitesse du son dans ce milieu.

BERGER. UEBER SPHÆROÏDALZUSTAND. SUR L'ÉTAT SPHÉROÏDAL. (*Poggendorff's Annalen*, t. CXIX, p. 594.)

M. Berger rend compte de nombreuses expériences relatives au phénomène de Leidenfrost, dont les causes sont encore parfois un objet de discussion. Sans pouvoir mentionner ici toutes les observations de détail que l'on rencontre dans le mémoire original, nous chercherons à résumer quelques-uns des points que l'auteur a étudiés.

En premier lieu, il étend la liste des corps susceptibles de prendre l'état sphéroïdal : la plupart des substances volatiles, ou dégageant des gaz sous l'action de la chaleur, sont dans ce cas. Ainsi l'huile à brûler prend cet état lorsqu'on la chauffe préalablement, puis qu'on la projette sur une surface métallique fortement chauffée. On réussit aussi très-bien en versant de l'huile froide sur du fer en fusion à sa sortie d'un haut fourneau, quand on a soin d'enlever l'oxyde de la surface incandescente. De même les corps suivants prennent l'état sphéroïdal quand on les jette sur du fer en fusion : le mastic, la poix, l'ambre et un grand nombre de résines; le soufre, le zinc, le bismuth, le plomb (pas l'étain). Le phénomène se produit également avec des corps tels que des débris végétaux, qui tout en restant solides dégagent des gaz sous l'influence d'une haute température, ce qui prouve que la forme sphéroïdale n'est point une condition nécessaire.

En second lieu, M. Berger a étudié l'influence de la nature du corps chaud sur lequel on projette le liquide. Il indique dans quels cas il a réussi à produire l'état sphéroïdal en versant divers liquides sur des métaux, du sable, du noir de fumée, d'au-

tres liquides. Relativement à l'effet de la conductibilité, il trouve qu'en général plus un métal est bon conducteur, moins est élevée la température à laquelle il est nécessaire de le porter pour reproduire le phénomène

Un des points qui a été le plus souvent discuté est de savoir s'il y a contact ou non, entre le liquide à l'état sphéroïdal et la surface chaude [1]. M. Berger a cherché à résoudre cette question en étudiant l'action chimique qui peut se produire entre le liquide et le corps solide sur lequel on le projette. Il faut bien distinguer l'action chimique du liquide même et celle de la vapeur ou des gaz qui se dégagent. Le liquide n'exerce pas d'action chimique directe, tandis que les vapeurs attaquent toujours la surface métallique, si du moins la nature des corps employés se prête à une réaction. — Dans le cas où l'on opère en projetant un certain liquide sur un autre liquide chauffé, il faut tenir compte de la condensation des vapeurs qui se dégagent du liquide chaud et viennent se reliquéfier sur le globule à l'état sphéroïdal dont la température est plus basse. De ces faits M. Berger tire un argument pour prouver qu'il n'y a pas contact. Il en conclut aussi que le phénomène n'a pas pour cause une force répulsive de la surface incandescente ; en effet, le fait que les molécules vaporisées attaquent le métal, démontre, suivant l'auteur, que s'il existe une force répulsive, le rayon d'activité de cette force est plus petit que celui de l'affinité chimique, et comme le sphéroïde lui-même est à une distance plus grande de la surface incandescente que le rayon d'activité chimique, il en résulte que ce n'est pas cette force répulsive qui peut soutenir le globule.

M. Berger a étudié avec soin la température que prend le liquide à l'état sphéroïdal, et il réussit à expliquer une partie des divergences que présentent les résultats obtenus par différents physiciens. Il opère en prenant une capsule hémisphérique

[1] L'auteur ne cite pas les expériences de M. Tyndall sur ce sujet. Voyez *Archives* 1856, t. XXXI, p. 75.

en cuivre d'assez grandes dimensions (140^{mm} de diamètre, 70^{mm} de profondeur et 3^{mm} 5 d'épaisseur) ; il la chauffe avec des lampes ordinaires à gaz ou au besoin avec une lampe à travailler le verre ; la chaleur est concentrée sur la capsule au moyen d'un réseau de tôle. — Pour obtenir une grande masse liquide à l'état sphéroïdal, il faut verser de l'eau déjà chaude ; l'auteur a réussi de cette manière à produire des sphéroïdes atteignant un poids d'environ 500 grammes. — Avec un volume aussi considérable on peut facilement étudier la température en promenant un petit thermomètre dans toutes les parties du liquide. Si l'on place la boule du thermomètre au fond de la capsule, mais sans qu'elle la touche, on observe une température qui varie entre 96° et 98° C., suivant que l'on force plus ou moins les flammes. Si l'on élève le thermomètre, on trouve que la température des couches moyennes et supérieures est notablement plus basse : elle est voisine de 90° ; mais l'énergie de la source de chaleur exerce une assez grande influence. Tout près de la surface supérieure la température est un peu plus élevée, ce que l'auteur attribue à une action directe du rayonnement des parois incandescentes. — De même, si l'on promène le thermomètre dans une même couche horizontale, on observe que la température est plus élevée près des parois qu'au centre. — Lorsqu'à un sphéroïde déjà formé on ajoute de l'eau froide, on voit que sa température s'abaisse notablement (de 3° à 6°), puis qu'elle remonte ensuite sans cependant revenir toujours au point où elle était avant l'addition d'eau froide. Inversement, si l'on ajoute de l'eau à une température plus élevée que le sphéroïde, le thermomètre monte pour redescendre ensuite. Il résulte de là que la température du liquide, au moins pendant un certain temps, dépend de la température initiale de l'eau qu'on a versée dans la capsule. — Lorsque par un refroidissement des parois le liquide commence à quitter l'état sphéroïdal, le globule prend dans toutes ses parties une température de 96° à 98°. — Si, au lieu de laisser la capsule ouverte, on lui

applique un couvercle qui ne soit cependant pas hermétique, la température du liquide s'élève rapidement, atteint et dépasse même 100° (101 à 102°), comme MM. Kramer et Belli l'avaient reconnu.

On voit donc qu'il n'y a pas de constance dans la température du liquide et que, suivant les conditions dans lesquelles on opère, on peut obtenir des résultats très-divergents.

En plaçant un thermomètre au-dessus d'un sphéroïde dans l'air ou la vapeur, M. Berger a trouvé une température de 70° environ quand le thermomètre est mouillé et de 120° environ quand le thermomètre est sec. Dans ce dernier cas la moindre goutte d'eau projetée sur le réservoir du thermomètre le fait descendre de plusieurs degrés. En couvrant la capsule on reconnaît que la température de l'espace au-dessus du liquide s'élève considérablement.

L'ensemble de ces faits se concilie très-bien avec la théorie qui explique l'état sphéroïdal par une vaporisation des couches liquides dans le voisinage immédiat du corps incandescent, de sorte que la vapeur qui se renouvelle constamment soutient le liquide et l'empêche d'arriver au contact avec la capsule. La surface inférieure du sphéroïde doit être à la température de l'ébullition ; les molécules ainsi échauffées s'élèvent latéralement, se refroidissent à la surface supérieure par évaporation et rayonnement, et redescendent par le centre de la masse liquide. — Si la capsule est couverte, les causes de refroidissement à sa surface sont beaucoup moins énergiques et la température s'élève [1].

[1] M. Berger explique d'une manière que nous n'avons pas comprise, le fait que dans ce cas le sphéroïde prend une température supérieure à 100° : « Quoique, dit-il, l'eau soit chauffée au-dessus du point d'ébullition, elle ne peut pas bouillir dans l'intérieur du globule, parce que la chaleur latente nécessaire à la vaporisation fait défaut. La chaleur que transmet la vapeur située entre le globule et la capsule, autant qu'elle peut être employée pour la formation de nouvelle vapeur, est immédiatement arrêtée à la surface intérieure ; ainsi une couche de vapeur se dégage après l'autre, et tandis qu'elle se dégage et qu'elle est déplacée par celle qui lui

Enfin si le liquide commence à quitter l'état sphéroïdal, c'est-à-dire lorsqu'il touche la capsule en quelques points, la quantité de chaleur qui lui est communiquée est beaucoup plus considérable, des bulles de vapeur l'agitent et la température s'élève en se répartissant également dans toute la masse.

Le mémoire contient un grand nombre d'autres observations que nous laisserons de côté en nous bornant à reproduire la conclusion que M. Berger fait ressortir de son travail : *Un corps à l'état sphéroïdal est un corps auquel la chaleur est transmise au travers de sa propre vapeur* (ou des gaz qui s'en dégagent).

Th. Tate. Sur la tension de vapeur de l'acide sulfurique. (*Philosophical Magazine*, nº 178. Décembre 1863.)

Pour mesurer les tensions de vapeur de l'acide sulfurique, qui attaquerait le mercure s'il était en contact avec lui, M. Tate prend un tube de verre semblable à celui d'un baromètre à syphon ; il le remplit d'acide sulfurique et le renverse ; puis il entoure la partie supérieure de ce tube d'un manchon plein d'huile que l'on peut porter à une température plus ou moins élevée. Il relie alors l'ouverture du syphon avec le récipient d'une machine pneumatique dans lequel il raréfie l'air. L'acide sulfurique se vaporise dans la partie supérieure du tube. En tenant compte de la tension de l'air dans le récipient de la machine pneumatique et de la hauteur de la colonne d'acide soulevée,

succède immédiatement, elle doit transmettre à cette dernière la chaleur nécessaire ; mais dans le globule même, il n'arrive que l'excédant qui, s'il pouvait se convertir en chaleur latente, aurait été employé à la vaporisation de la couche extérieure. » — Le fait que la température du liquide peut dépasser 100°, nous paraît s'expliquer facilement par un de ces phénomènes de retard du point d'ébullition que l'on observe dans beaucoup de circonstances, et en particulier, comme l'a fait voir M. L. Dufour, quand un globule liquide n'est pas en contact avec un corps solide.

L. S.

on obtient la tension de la vapeur à la température à laquelle on opère.

Un résultat intéressant des recherches faites d'après cette méthode, c'est que les tensions de l'acide sulfurique (acide bi-hydraté, SO^3, $HO + HO$), comparées à celles de l'eau, suivent approximativement la loi de Dalton. On sait que cette loi, qui consiste à dire qu'à des températures également distantes des points d'ébullition, les tensions de vapeur de différents liquides sont égales, avait été vérifiée approximativement pour plusieurs liquides plus volatils que l'eau.

GEISSLER. NOUVEAU THERMOMÈTRE A MAXIMA (*Monatsbericht der Akad. zu Berlin*, sept., oct., 1863).

On sait que M. Casella de Londres a imaginé un thermomètre à minima, dans lequel le mercure, lorsqu'il se dilate, se rend dans un réservoir accessoire s'ouvrant par un orifice capillaire dans le tube principal, tandis que lorsqu'un abaissement de température fait contracter le mercure, c'est la colonne du tube principal qui se retire. C'est cet ingénieux appareil qui a donné à M. Geissler l'idée de son thermomètre à maxima qui est basé sur le même principe. Supposons que l'on coupe en deux, près du réservoir, le tube d'un thermomètre ordinaire, et que l'on affile les deux extrémités, puis que l'on rejoigne ces deux bouts au moyen d'un cylindre de verre plus large soudé, comme dans un baromètre de Bunsen. Si l'on place l'appareil dans une position horizontale, le mercure qui remplit le réservoir et le cylindre intermédiaire, se dilatera en s'avançant dans le tube; mais si la température baisse, il ne reviendra pas en arrière dans le tube à cause de la résistance capillaire du retrécissement conique. L'extrémité de la colonne mercurielle indiquera donc le maximum de température.

CHIMIE.

Dr H. KÆMMERER. *Vorlæufige Mittheilung* ...... COMMUNICATION PRÉALABLE SUR UN NOUVEAU COMPOSE OXYGÉNÉ DU BROME. (*Journal für praktische Chemie*, t. XC, p. 190.)

L'iode et le brôme décomposent l'acide per-chlorique avec dégagement de chlore et formation d'acide per-iodique ou per-brômique, suivant le cas. Ce dernier peut être concentré au bain-marie, sans s'altérer, jusqu'à consistance oléagineuse ; il est incolore ; les acides chlorhydrique, sulfhydrique et sulfureux sont sans action sur lui.

Le per-brômate de potasse forme un précipité cristallin à gros grains, plus soluble que le per-chlorate, mais moins pourtant que le brômate. L'auteur l'a préparé en mélangeant une dissolution concentrée d'acide per-brômique avec la potasse caustique ou du chlorure de potassium.

Les sels barytique et plombique ressemblent au précédent ; mais leur solubilité est moindre encore. Par le refroidissement dans l'obscurité, le sel d'argent cristallise en aiguilles fragiles.

M. D.

H. ROSE. SUR UNE NOUVELLE SÉRIE D'OXYDES MÉTALLIQUES. (*Poggendorf's Annalen*, t. CXX, p. 1.)

Comme on l'a fait observer, l'isomorphisme de plusieurs composés chimiques ne s'explique bien qu'autant que l'on représente ceux-ci par des formules atomiques à la place de celles dont les équivalents font la base. Le per-chlorate et le permanganate de potasse, d'une part, la chalcosine et l'argyrose, d'autre part, en sont des exemples ; ces deux derniers cristallisent en prismes rhomboïdaux droits, voisins de 120°, et comme la composition du premier correspond au signe du Cu^2S, M. Rose proposa, il y a longtemps déjà, d'admettre, pour le second, la formule Ag^2S.

Les déterminations de la chaleur spécifique de l'argent, dues à M. Regnault, montrèrent également que le poids atomique de ce métal doit, pour obéir à la loi de Dulong et Petit, être pris égal à la moitié de son équivalent. D'après cela, l'argent et l'oxygène se combineraient ensemble dans les proportions suivantes :

$$Ag^4O,\ Ag^2O,\ Ag\,O.$$

La plupart des auteurs n'ont pas partagé cette manière de voir ; il paraît leur avoir répugné d'admettre l'existence de corps renfermant 4 atomes de métal pour un d'oxygène, d'autant plus que le seul exemple connu n'aurait pas d'analogue dans la série d'oxydation du cuivre. M. Rose vient de découvrir cependant un tel composé, et il est disposé à croire qu'il y en a encore beaucoup d'autres susceptibles d'être obtenus un jour.

Si l'on traite avec beaucoup de soin une dissolution de sulfate cuivrique par un mélange de potasse et de chlorure stanneux, ce dernier en quantité juste suffisante pour réduire $4\,Cu\,O$ en $Cu^4\,O$, il se produit un précipité qui doit être lavé avec de l'eau de potasse, puis avec de l'eau pure. Ce nouvel oxyde, coloré en vert, cède à l'ammoniaque une petite quantité de Cu^2O et de $Cu\,O$; comme il absorbe très-facilement l'oxygène de l'air, on doit apporter les plus grandes précautions à son lavage. A l'état sec, il retient encore $3^1/_2$ pour cent environ d'acide stannique ; sa composition est représentée par $Cu^4\,O$; M. Rose le nomme *quadrantoxyde de cuivre*. Sous l'influence de l'acide sulfurique étendu, il se décompose en oxyde cuivrique ($Cu\,O$) qui se dissout et cuivre métallique ($3\,Cu$) qui se précipite.

A l'occasion de ce nouveau corps, M. Rose propose une nouvelle nomenclature pour les oxydes des métaux ; cet éminent chimiste appelle

quadrantoxydes	ceux	dont	la formule	atomique est	$M^4\,O$
semi-oxydes	»	»	»	»	$M^2\,O$
isoxydes	»	»	»	»	$M\,O$
sesqui-oxydes	»	»	»	»	$M^2\,O^3$
et diploxydes	»	»	»	»	$M\,O^2$

Les noms des divers composés binaires (chlorures, sulfures, etc.) pourront être formés de la même manière.

Chacune de ces désignations se justifie parfaitement ; toutefois, au premier abord, la seconde, la troisième et la cinquième peuvent paraître des innovations superflues. Il n'en est rien cependant, et, pour le démontrer, il suffit de rappeler que sous le nom de protoxydes les traités décrivent des corps dont les uns se formulent par Cu^2O, Hg^2O, les autres par Bi^2O^3, Sb^2O^3, et d'autres encore par K^2O, Na^2O, MnO, MgO, etc., tandis qu'ils comprennent sous l'épithète de deutoxyde ou de bi-oxyde les composés suivants : CuO, HgO, BaO^2, MnO^2.

Généralement les combinaisons M^3O^4 se comportent comme si elles renfermaient $MO + M^2O^3$; il était donc inutile de leur appliquer un nom particulier ; cependant l'oxyde céroso-cérique fait exception, non-seulement il n'a pu être dédoublé en CeO et C^2O^3, mais encore il se combine intégralement avec les acides et forme des sels dont quelques-uns cristallisent très-bien.

M. D.

T. Reich et Th. Richter. Vorlæufige notiz... etc. Notice préalable sur un nouveau métal. — Les mêmes. Ueber... Sur l'indium. (*Journal für praktische Chemie*, t. LXXXIX, p. 441 et t. XC, p. 172).

En vue d'y rechercher le thallium, les auteurs ont examiné au spectroscope un chlorure de zinc impur qui avait été préparé au moyen d'un minerai déposé au laboratoire des mines de Freiberg et formé essentiellement de blende, de pyrite et de mispickel. Il se manifesta alors deux belles raies bleu indigo, dont la position n'appartenait à celles d'aucun autre corps connu ; elles étaient donc produites par un élément nouveau que MM. Reich et Richter ont réussi à isoler et qu'ils ont appelé *indium*. Faute d'une quantité de matière suffisante, les recherches de ces chimistes sont très-incomplètes ; elles permettent cependant d'affirmer l'existence du nouveau métal. Voici un résumé de leur travail.

La ligne bleu clair de l'indium est à 98 et la plus foncée à 135, quand l'échelle du spectroscope est construite de façon que la raie du sodium soit à 38 et la raie bleue du strontium à 93. Si Na est 50 et Sr 104, In α —110 et In β 147. Quand on met dans la flamme de la lampe de Bunsen un composé volatil d'indium, celle-ci devient d'un violet vif, de sorte que l'on peut déjà reconnaître la présence de l'indium sans spectroscope.

Au chalumeau, avec la soude, sur le charbon, l'oxyde se réduit en un métal mou, ductile, laissant une trace sur le papier, d'une couleur plus claire que celle du plomb, très-voisine de l'étain. Le métal se dissout dans l'eau régale, et un fil de platine humecté avec cette dissolution, montre à l'appareil de Kirchhoff et Bunsen une raie bleue très-intense, mais de courte durée. Si l'on traite le métal seul sur le charbon, il produit un dépôt jaune foncé à chaud, plus pâle à froid, peu volatil et qui prend à la fin une coloration particulière violette.

L'oxyde hydraté, précipité par l'ammoniaque, est blanc, gélatineux, il s'attache facilement aux parois du vase ; une addition préalable d'acide tartrique empêche sa précipitation par l'ammoniaque. En saturant l'acide tartrique par cette dernière et ajoutant du sulfure ammonique, on obtient un abondant précipité blanc, coloré en vert foncé par une trace de fer. La potasse se comporte comme l'ammoniaque.

Le précipité obtenu au moyen du carbonate de soude est plus cristallin ; préparé à l'ébullition et desséché, il se dissout facilement dans l'acide sulfurique étendu, avec effervescence.

L'hydrogène est sans action à la température rouge sur l'oxyde d'indium. Ce même oxyde, mêlé avec du charbon et traité à chaud par un courant de chlore sec, donne naissance à un chlorure très-volatil qui se solidifie dans les parties froides de l'appareil; sa couleur est jaune, mais on a de fortes présomptions que cet effet est dû à la présence d'un peu de fer. Le chlorure indique anhydre paraît être blanc avec l'éclat nacré; il attire fortement l'humidité de l'air, et perd alors, par sa dessiccation, une

partie de son acide chlorhydrique ; la grande volatilité de ce corps rend très-fugitive son apparition dans l'appareil spectral.

La purification de l'oxyde indique et surtout sa séparation du fer ne sont pas très-faciles et les auteurs ne paraissent pas avoir réussi à effectuer complétement cette dernière.

Le cyanoferride potassique est sans action sur la dissolution de chlorure d'indium ; le cyanoferrure y forme un précipité blanc coloré en bleu par une trace de fer ; le sulfocyanure potassique donne une coloration rouge pàle de fer.

L'oxyde du nouveau métal se distingue de l'alumine, avec lequel il présente quelque ressemblance, par son insolubilité dans la potasse, sa faculté d'être réduit sur le charbon, et la non production d'alun par le mélange de son sulfate avec celui de potasse.

Les auteurs ont reconnu la présence de l'indium dans la blende seulement ; le mispickel et la pyrite n'en contiennent pas.

M. D.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

Prof. LANG. (*Geologische Skizze.*) ESQUISSE GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE SOLEURE. Broch. 4°. Soleure, 1863.

Un grand nombre d'études géologiques ont été entreprises sur la chaîne du Jura, surtout pendant ces dernières années, et beaucoup de travaux d'une haute valeur ont été publiés. Il est maintenant nécessaire de les compléter par l'étude détaillée de chaque localité, par une investigation aussi minutieuse que possible des diverses couches et par un examen rigoureux des fossiles qu'elles renferment.

C'est un travail de ce genre que M. Lang a entrepris. Malheureusement il n'a pas abordé la partie paléontologique.

Tout autour de Soleure sont épars de nombreux blocs erratiques. A l'Est on les trouve jusqu'à Oberbipp. Au delà, on n'en rencontre plus que quelques-uns tout à fait isolés et souvent à une

assez grande hauteur ; ainsi à Herbetswyl, à 800 pieds au-dessus de la vallée, se trouve encore un bloc de 750 pieds cubes. Cette zone des blocs erratiques se relie à ceux de la vallée du Rhône par ceux de Grange, de Bienne, de Neuchâtel et du Chasseron, au-dessus d'Yverdon, où ils atteignent 3100 pieds au-dessus de la mer. Un des plus grands blocs erratiques de la Suisse se trouve au Steinhof dans le canton de Soleure ; son volume est de 65,000 pieds cubes. Il est composé de l'arkésine qui se retrouve au fond de la vallée de Bagnes. Outre les blocs granitiques, on en rencontre d'autres autour de Soleure, composés, soit de calcaire urgonien, gris des Alpes avec des *Radiolites Neocomiensis d'Orb.*, soit de gault ou de molasse. Au-dessous de la formation erratique et s'y rattachant intimement sont des assises puissantes de sables et de graviers qui paraissent s'être formées dans une mer tranquille ; elles sont disposées en terrasses le long de l'Aar. On y a trouvé quelques débris de mammouth, d'ours des cavernes et de cerfs.

L'Aar, dans les environs de Soleure, a creusé son lit dans la mollasse. Sur la rive gauche on ne rencontre que des mollasses d'eau douce, renfermant l'*Unio flabellatus*, des *Paludines*, et le *Planorbis pseudo ammonius*. Sur la rive droite, la crête des collines du Bucheggberg est formée d'une mollasse marine, passant à un conglomérat. Elle contient des débris de poissons (*Lamna cuspidatus*, etc.) ainsi que des ossements de *Rhinoceros minutus*. Cette formation du Bucheggberg qui renferme un mélange de restes d'animaux terrestres et de poissons, tous roulés avec des galets et des débris de coquilles, est regardée par M. Lang comme ayant été déposée au bord d'une mer agitée. Elle lui rappelle les dunes de la Baltique. Cette ligne de dunes tout le long du Jura se continue à l'Ouest par les collines de Brüttelen, de Jolimont jusqu'au Vully et la Tour de la Molière. A l'Est on peut les suivre du côté de Mægenwyl, Mellingen et Wurenlos. Dans les environs d'Egerkinden et de Aarwangen, M. R. Cartier a recueilli environ 40 espèces de plantes et 20 espèces d'animaux. Parmi les plantes,

à côté de plusieurs espèces d'érables, de chênes, de saules, qui rappellent les arbres de nos forêts, on remarque deux espèces de palmiers, des Laurinées, une Protéacée, indices d'un climat plus chaud. Parmi les animaux, les ossements de pachydermes (tapirs, rhinocéros, etc.) sont en majorité. Des débris de crocodiles et de tortues ont encore été rencontrés dans cette formation qui est rapportée par M. Meyer au miocène moyen. Bien que le parallélisme des couches de mollasse d'eau douce et de mollasse marine n'ait pu être encore exactement déterminé, M. Lang paraît incliné à croire que la mollasse marine est supérieure à l'autre. Dans les carrières de roches jurassiques à Egerkinden et Obergœsgen, on observe des fissures remplies par des marnes éocènes. Elles contiennent beaucoup d'ossements, qui ont été déterminés par M. Rüttimeyer et décrits dans les *Mémoires* de la Société Helvétique des Sc. naturelles, tom. XIX. On y remarque une espèce de singe, quelques ruminants et carnassiers, et surtout un grand nombre de pachydermes. C'est à la période éocène que se rattachent les dépôts ferrugineux sidérolitiques qui ont rempli plusieurs fentes et dépressions des roches jurassiques, entre autres une grande dépression du terrain virgulien près de Langnau et de Grange. Ils renferment en général des limonites, exploités çà et là. Près de Grange cette formation contient une argile siliceuse blanchâtre qui renferme des fossiles du néocomien moyen (*Pygurus Montmollini*) évidemment charriés dans ces fentes à l'époque éocène. Les formations crétacées manquent totalement dans les environs de Soleure, les couches tertiaires reposent immédiatement sur les roches jurassiques, dont les plus récentes appartiennent à l'étage virgulien ou kimmeridien supérieur. M. Lang a vu en effet près de Lommiswyl des couches à *ostrea virgula* superposées à celles qui contiennent l'*hemicidaris mitra*. Cet oursin se rencontre également dans le célèbre *calcaire à tortues* de Soleure associé à l'*Ostrea Bruntrutana*, l'*Ostrea solitaria*, la *Trigonia suprajurentis*, le *Pteroceras oceani*, à l'*Hemicidaris Thurmanni*, etc., et à une dizaine d'espèces de tortues, M. Lang rapporte avec raison ces

couches à l'étage ptérocérien ou kimmeridien inférieur, et il est à noter que les quatre premières espèces indiquées ici se retrouvent au Cap de la Hève, localité classique de l'étage kimmeridien. L'âge des calcaires à tortues se trouverait ainsi fixé. Au-dessous sont des bancs de roches blanchâtres, friables, renfermant peu de fossiles; ils sont superposés à d'autres bancs d'une structure oolithique qui à Ste Verena ont fourni beaucoup de fossiles. Parmi ceux qui sont cités, les uns tels que la *Synastræa arachnoides* (Park.) Edw. et Haime (*Astræa microconos*, Goldfuss) et le *Pecten globosus*, Quenstedt, sont regardés, dans d'autres localités, comme caractéristiques de l'étage corallien ; d'autres, l'*Ostrea Gregaria*, Sow., la *Gervilia aviculoidos*, Sow., se retrouvent ordinairement dans l'étage oxfordien. M. Lang n'insiste pas sur ce singulier mélange de fossiles qui ferait supposer que les couches de Ste Verena appartiennent à deux époques différentes.

Le parallélisme de ces dépôts du terrain jurassique supérieur, assez facile à établir en se dirigeant de Soleure vers Neuchâtel, l'est beaucoup moins en les suivant dans le canton d'Argovie où ils sont infiniment plus subdivisés.

Les roches compactes du terrain jurassique supérieur, presque toujours fortement redressées, forment les sommets de la chaîne du Weissenstein et les terrains jurassiques moyens occupent les dépressions. Ces derniers sont en général de nature marneuse et couverts de pâturages. Leur épaisseur est d'environ 400 pieds.

M. Lang y distingue les couches suivantes :

Terrain à chailles, subdivisé en :

a) T. à chailles supérieur, 100 pieds, avec *Cidaris florigemma*, *Hemicidaris crenularis*, etc.

b) T. à chailles inférieur, 80 pieds, avec *Ostrea gregaria* Sow., *Pholadomia flabellata* Ag., etc. (cette assise ferait déjà partie de l'Oxfordien de d'Orbigny).

c) *Oxfordien*, 120 pieds, avec *Ammonites biplex* et calcaire à Scyphia, avec *Terebr. lacunosa*, Quenstedt.

d) *Callovien* sous forme d'argiles brunâtres et oolithiques avec *Amm. athleta*, *Amm. anceps*, etc.

Ces couches sont superposées aux suivantes rangées par M. Lang dans le jurassique inférieur.

1° Couches calloviennes, avec *Amm. macrocephalus*, 25 pieds.

2° Marnes à Discoïdes, avec *Holectypus depressus*, etc., 25 pieds (Bathonien).

3° Un ensemble de couches de 350 pieds, Hauptrogenstein, avec *Clypeus patella*, *Pholadomia Murchisoni*, etc.

4° Lédonien, 40 pieds, avec *Amm. Humphreysianus*.

5° Bancs calcaires ferrugineux et oolithiques, avec *Amm. Murchisonæ*.

6° Argiles à *Amm. opalinus*, difficiles à séparer du lias qui les suit et renfermant peu de fossiles.

Le lias forme des collines peu élevées qui s'étalent au pied des roches précédentes; elles sont couvertes d'une belle végétation et forment le sous-sol des plus riches pâturages. La formation liasique a dans la chaîne du Weissenstein une puissance de 270 pieds et se subdivise en :

1° 120 pieds de marnes grisâtres et micacées qui ne paraissent pas renfermer de fossiles et sont employées ainsi que les suivantes à l'amendement des terres.

2° Schistes à Posidonies, marnes avec *Posidonia Bronni*, 120 pieds (Toarcien).

3° Calcaire à Bélemnites, 20 pieds, avec *Ostrea cymbium*, *Terebr. numismalis*, *Belem. paxillosus*, Quenst. (Liasien).

4° Calcaires bruns et gris, avec *Ostrea arcuata*, 15 pieds (Sinemurien).

5° Des grès peu épais dans lesquels aucun fossile n'est indiqué.

Au-dessous vient le Keuper qui forme des dépressions peu accentuées ou des collines basses couvertes en général d'une riche végétation. Sa puissance est d'environ 250 pieds, on y observe du gypse et des lignites.

Le Muschelkalk ne paraît au jour que sur une lisière étroite de Günsberg à Balm, sa puissance est évaluée à 350 pieds.

La couche coquillière qui renferme l'*Encrinites liliiformis*, est intercalée entre deux couches de dolomies. A la base se trouvent une cinquantaine de pieds d'argiles salifères avec gypse. Ces couches sont sur le même niveau que celles qui renferment le sel gemme de Schweitzerhalle et de Rheinfelden. Aussi on a essayé dans le canton de Soleure de faire des recherches pour en trouver. En 1849 on creusa près de Bipp, sous la direction de M. Hugi, un puits qui fut poussé jusqu'à 566 pieds ; on atteignit les couches salifères, mais elles étaient trop peu riches et l'entreprise fut abandonnée.

M. Lang donne plusieurs coupes à la fin de son mémoire et il entre dans des développements détaillés sur les soulèvements de la chaîne du Weissenstein. Il en ressort que sur une longueur de 6 lieues, l'axe du soulèvement a été principalement dirigé du Sud au Nord, et si nous comprenons bien la pensée de l'auteur, il y a eu quatre mouvements successifs du sol, ce qui a produit le relief très-accidenté du Jura dans les environs de Soleure. Nous ne suivrons pas l'auteur dans les détails qu'il donne sur la direction des diverses chaînes du Jura et sur les diverses hypothèses par lesquelles on a cherché à expliquer ces dislocations. Il y a encore là de nombreuses questions à résoudre, mais des travaux comme celui de M. Lang, basés sur une observation consciencieuse des faits, sont évidemment appelés à amener leur solution.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

FR. LEYDIG, EINIGES, etc. QUELQUES MOTS SUR LE CORPS GRAISSEUX DES ARTHROPODES. (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1863, p. 192). — NICOLAS WAGNER, BEITRAG, etc. NOTE RELATIVE A LA REPRODUCTION DES LARVES D'INSECTES (*Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie*, 1863, XIII, p. 514).

Pendant longtemps on n'a vu dans le corps adipeux des arthropodes qu'un magasin de matière nutritive. Il paraît cepen-

dant que cet organe peut revêtir d'autres fonctions encore. Une série d'observations en particulier tendent à le faire considérer dans certains cas comme un organe excréteur. M. Leydig fut le premier à signaler dans le corps graisseux de certains arthropodes (sauterelles, lampyres, iules, etc.) des concrétions microscopiques que M. Kœlliker reconnut plus tard être formées chez les lampyres par de l'urate d'ammoniaque. Des dépôts d'acide urique très-analogues furent bientôt signalés par M. Fabre dans le corps graisseux d'une larve de sphex et de nymphes d'insectes fort divers (Tachines, Sitares, Bombyx, Ephiures). En outre l'existence de ces concrétions dans le même organe chez le sarcopte de la gale fut démontrée par M. Leydig et M. Gubben. Aujourd'hui M. Leydig fait connaître des dépôts d'acide urique dans le corps graisseux de différents myriapodes (Iules, Polydesmes, Glomeris), d'orthoptères (Acheta), de diptères (Tipules), de lépidoptères (Piérides, Vanesses, Zygènes).

Il est remarquable que chez les arthropodes les dépôts d'acide urique se fassent dans des parties du corps très-diverses. M. Leydig et M. Fabre ont montré, par exemple, que de l'acide urique est secrété concurremment avec la bile dans les vaisseaux de Malpighi des insectes. Les observations du premier de ces savants relatives aux Cyclopides enseignent même que chez les arthropodes dépourvus de vaisseaux de Malpighi les concrétions urinaires peuvent se former dans l'épithélium du canal intestinal, voire dans les mêmes cellules qui secrètent la bile. M. Leydig trouva en outre des dépôts d'acide urique dans les massues antennaires d'une foule de lépidoptères rhopalocères ; les balanciers (haltères) des diptères renferment aussi des concrétions blanches qui offrent vraisemblablement la même nature. Toutefois il est à remarquer que dans ces cas le tissu qui renferme les concrétions doit être considéré comme une dépendance du corps graisseux.

M. Leydig trouve d'ailleurs fréquemment dans le corps graisseux des arthropodes d'autres substances également intéressantes au point de vue physiologique : ainsi des plaques cristallines rap-

pelant les prétendues tables de stéarine ou de cholestérine que M. Virchow a montré être formées par une substance albuminoïde; ainsi encore différents cristaux de pigments colorés, etc. De tous ces faits M. Leydig tire la conclusion que l'organe adipeux est sujet à une métamorphose organo-chimique fort active.

Il était réservé à M. Nicolas Wagner, professeur de zoologie à Kasan, de nous faire connaître une fonction, exceptionnelle il est vrai, du corps adipeux qui paraîtra bien plus étrange. Nous voulons parler de la fonction d'organe reproducteur. Les observations de M. Wagner semblent même tellement inouïes qu'on serait tenté de les considérer comme entièrement controuvées, n'étaient les détails anatomiques circonstanciés qui les accompagnent, n'était surtout le témoignage de M. le prof. F. de Filippi. En effet, le savant turinois en revenant de Perse a vu à Kasan les préparations de M. Wagner et s'est déclaré convaincu.

Rapportons maintenant brièvement ces faits inouïs, invraisemblables et pourtant, à ce qu'il paraît, bien constatés.

M. Wagner trouva en juin 1861 sous l'écorce d'un ormeau mort dans les environs de Kasan des vers blanchâtres apodes que leur organisation démontra être des larves d'insectes. Chacune de ces larves était remplie de larves plus petites. Jusque là rien de bien singulier, les cas de parasitisme étant, comme l'on sait, très-fréquents chez les insectes. Mais ce qui frappa et à juste titre M. Wagner, c'est que les larves incluses étaient parfaitement identiques, jusque dans les plus petits détails, aux larves enveloppantes. Il fut conduit par cette identité à admettre que les larves incluses représentaient une seconde génération engendrée par les larves enveloppantes. Ce serait donc là un cas de génération alternante plus étonnant encore que celui des pucerons.

Quelque invraisemblable que cette interprétation puisse paraître au premier abord, on est bien obligé de reconnaître que plusieurs circonstances militent en sa faveur. Ces circonstances sont surtout les suivantes :

1° Il semble impossible d'admettre qu'une larve parasite présente une organisation parfaitement identique à celle de l'organisme dont elle se nourrit.

2° Les parasites qui déposent leurs œufs dans un seul et même insecte, les déposent tous à la fois, et ces œufs se développent simultanément. Au contraire, M. Wagner trouve dans une même larve enveloppante des larves incluses présentant les phases de développement les plus diverses.

3° Le parasitisme est un phénomène accidentel, tandis que toutes les larves observées présentaient à un certain degré de développement des larves incluses.

4° La grosseur des œufs d'une même espèce est constante, tandis que les corps reproducteurs qui jouent ici le rôle d'œufs sont soumis à des variations de taille considérables.

5° Dans l'intérieur des larves de la seconde génération se forme une troisième génération toute semblable aux deux premières.

En face de ces considérations et de quelques autres d'une importance plus secondaire, il est difficile de ne pas admettre qu'il s'agit ici de la reproduction d'un insecte à l'état de larve. Ce n'est d'ailleurs pas sans raison que nous avons qualifié ce mode de reproduction de plus étonnant que celui des pucerons. En effet, chez les pucerons asexués les *pseudova* se forment dans un organe qui est l'homologue de l'ovaire des individus sexués, tandis que chez les larves apodes observées par M. Wagner les pseudova se forment dans le corps graisseux. Cet organe se divise en un certain nombre de lobes, qui s'entourent chacun d'une membrane propre, et constituent ce que M. Wagner appelle les *portions embryonnaires* (Embryonaltheile), terme auquel nous substituons celui de pseudova. Le développement du pseudovum paraît se rapprocher beaucoup de celui d'un œuf véritable.

M. Wagner a observé trois autres espèces du même genre présentant toutes ce singulier mode de reproduction. Les insectes parfaits sont restés jusqu'ici inconnus. L'apparence des larves nous semble indiquer qu'ils doivent appartenir à l'ordre des diptères.

Dr Victor Hensen, Studien, etc. Études sur l'organe auditif des décapodes (*Zeitschr f. wiss. Zoologie*, XIII. 1863, p. 319-412, avec 4 planches.)

L'organe auditif des crustacés décapodes est placé ordinairement dans la partie basilaire de l'antenne interne, car il est bien démontré aujourd'hui que l'organe appelé autrefois cylindre auditif et renfermé dans l'article basilaire de l'antenne externe n'a rien à faire avec la fonction de l'audition. Cet appareil auditif a été découvert dès 1811 par Rosenthal et il a été en 1843 l'objet d'études soignées de la part de M. Favre. Il a été étudié depuis lors par plusieurs auteurs, en particulier par M. Kröger dont nous avons analysé les recherches dans ces *Archives* [1]; mais la plupart des détails de sa structure sont restés en litige. Les belles recherches de M. Hensen, dont nous allons extraire les points les plus saillants, sont donc fort bien venues. Elles se sont étendues à 28 espèces de crustacés.

L'appareil auditif des crustacés supérieurs est conformé comme suit : du ganglion terminal d'un nerf part un mince filet nerveux qui pénètre dans un poil chitineux et va s'attacher à une partie de la paroi de ce poil présentant une structure particulière. L'union de cette partie de la paroi avec le reste du squelette chitineux est de nature à permettre des vibrations sous l'influence d'ondulations sonores. En outre, l'extrémité du poil pénètre souvent entre des pierres (otolithes) ou même dans l'intérieur d'une pierre. Les différentes parties de cet appareil méritent d'être considérées un peu plus exactement.

Commençons par les otolithes. MM. Leuckart et Kröger ont distingué à juste titre deux types d'organes auditifs chez les crustacés supérieurs, selon que la vésicule de l'organe est ouverte ou fermée. Dans le premier cas, qui est celui des écrevisses, des homards, des crangons, des palémons, etc., les otolithes ont une forme irrégulière et ressemblent à des grains

[1] *Archives*, 1860. Tome VII, p. 359.

de sable. Aussi certains auteurs n'y voient-ils que des corps étrangers, tandis que d'autres les tiennent pour des parties intégrantes de l'animal. M. Hensen a réussi à trancher la question d'une manière définitive en étudiant les crustacés en question au moment de la mue. A ce moment les anciens otolithes sont rejetés avec l'enveloppe chitineuse et remplacés par d'autres. Des palémons examinés immédiatement après la mue n'ont pas d'otolithes, mais quelques heures plus tard on trouve déjà quelques petites pierres irrégulières, calcaires ou siliceuses, dans leur sac auditif. M. Hensen vit à ce moment un individu renfermé dans un bocal râcler le fond du vase avec ses pinces, puis introduire celles-ci dans le sac auditif, sans pouvoir surprendre cependant l'introduction des petits cailloux. Pour lever toute espèce de doute à cet égard, il plaça quelques palémons dans un vase contenant de l'eau de mer filtrée, en ayant soin de couvrir le fond du vase de cristaux d'acide urique. Bientôt l'un des palémons mua et les sacs auditifs de la dépouille se trouvèrent renfermer les grains de sable ordinaires, mais point d'acide urique. Trois heures plus tard M. Hensen examina l'animal dont les cavités auditives renfermaient maintenant une foule de cristaux d'acide urique, sans un seul grain de sable. Il est donc évident que chez les crustacés à sac auditif ouvert, les otolithes proviennent bien de l'extérieur, comme M. Favre l'admettait déjà.

Chez les crustacés à vésicule auditive fermée, les otolithes n'ont plus du tout l'apparence de grains de sable. Ils offrent une structure particulière, constante, et leur surface n'est jamais irrégulière. Cependant même dans ce cas leur durée n'est que temporaire. En effet, les crustacés en question rejettent périodiquement le sac auditif avec ses otolithes et l'appareil se forme à nouveau. La matière anorganique contenue dans les otolithes est un sel calcaire, mais ce n'est ni un carbonate, ni un phosphate, ni un silicate, ni un sulfate. Les réactions paraissent indiquer du fluorure de calcium.

La cavité de l'organe auditif est toujours tapissée d'une mince

membrane chitineuse qui doit être considérée comme une réduplication de la membrane de chitine extérieure. Cela est vrai même pour les sacs auditifs fermés qui ne présentent aucune communication avec l'extérieur, et dans ce cas il est possible de reconnaître une ligne, une sorte de cicatrice, vestige de la fente par laquelle l'invagination du sac a eu lieu.

Les poils auxquels M. Hensen donne le nom de *poils auditifs* sont de trois espèces : 1° les poils à otolithes ; 2° les poils libres des sacs auditifs ; 3° les poils auditifs de la surface extérieure du corps.

Les poils de la première espèce sont ceux qui sont en contact avec les otolithes, dans les sacs auditifs. Ces poils sont généralement recourbés et leur pointe vient se loger entre les otolithes, comme c'est le cas pour les écrevisses, les homards, les palémons, ou pénètre même dans l'intérieur d'un otolithe, comme cela se voit dans les sacs auditifs de la queue des mysis. Les otolithes sont souvent maintenus en suspension par ces organes. Il est impossible, en lisant cette description, de ne pas songer aux soies décrites dans l'appareil auditif des poissons par MM. Max Schultze et Frank-Eilhardt Schulze, soies dont les pointes paraissent aussi arriver au contact des otolithes. M. Hensen rappelle les dispositions analogues (cils vibratiles, etc.) qu'on observe dans les vésicules auditives d'autres animaux. Il croit même avoir observé dans quelques cas (Pisidium parmi les mollusques, Cydippe parmi les ciliogrades) des soies pénétrant dans l'intérieur des otolithes, comme chez les crustacés.

Les crabes et en général les brachyures sont entièrement dépourvus d'otolithes ; mais leurs cavités auditives n'en sont pas moins pourvues de poils. Chez le Carcinus mœnas M. Hensen a compté environ 300 poils plongeant dans le liquide de la cavité auditive. Cette absence des otolithes chez les crabes doit surprendre d'autant moins que chez le homard il existe dans le sac auditif toute une rangée de poils semblables par leur conformation aux poils à otolithes, mais n'entrant jamais en contact avec

ces pierres. Certains poils auditifs peuvent donc entrer en vibration sans l'intermédiaire des otolithes. Ces poils existant parfois dans un espace à demi fermé seulement (sacs auditifs ouverts), il est probable qu'ils pourraient remplir tout aussi bien leurs fonctions s'ils étaient placés à la surface du corps. Cette remarque conduit M. Hensen à considérer, comme des organes de l'audition, certains poils de la surface du corps des crustacés, qui présentent la même structure que les poils à otolithes.

Ces poils auditifs de la surface externe du corps ont été étudiés par M. Hensen chez les carides. Ils sont surtout nombreux chez les espèces ou les phases de développement (larves) chez lesquelles les oreilles internes font défaut. Chez les carides ces poils sont placés à la surface supérieure de la partie basilaire de l'antenne interne et au second article de l'antenne externe. Il en existe aussi à la queue et ce fait ne doit pas trop surprendre si l'on songe aux oreilles caudales des mysis.

L'interprétation physiologique donnée par M. Hensen à ces poils de la surface externe du corps est propre à exciter la méfiance au premier abord. Nous devons donc dire que ces organes présentent certaines particularités de structure qui les éloignent des autres poils de la superficie du corps et les rapprochent des poils des sacs auditifs. Les caractères communs à tous les poils nommés auditifs par M. Hensen peuvent être résumés de la manière suivante. Les poils auditifs sont toujours implantés sur un pore de la membrane de chitine. Le bourrelet qui entoure ce pore s'élève d'un seul côté pour former une sorte de dent. Le tronc du poil ne repose pas directement sur ce pore, mais il est porté par une membrane très-mince souvent dilatée de manière à former une ampoule à la base du poil. Cette disposition paraît isoler le poil des ébranlements provenant de l'intérieur du corps et facilite peut-être aussi ses vibrations. Enfin le tronc de chaque poil auditif présente une espèce d'appendice (la languette) auquel le nerf du poil vient s'attacher. A proprement parler, le nerf se termine par une cellule ganglionnaire avant d'arri-

ver au poil ; mais de cette cellule naît une mince petite corde nerveuse (*chorda* Hensen) qui pénètre dans le poil et va se fixer à la languette. Les autres poils du corps ne présentent point une structure aussi complexe et la corde nerveuse leur fait en particulier complétement défaut.

Les poils auditifs sont naturellement renouvelés à chaque mue de l'animal. Les poils nouveaux ne sont point emboîtés dans les poils anciens, comme on se le représente d'ordinaire, mais se forment au-dessous du squelette chitineux. Si l'on compare la nouvelle peau de l'animal avec un gant, les poils sont placés comme le seraient les doigts de gant si l'on suppose ces doigts retirés dans l'intérieur du gant, de telle sorte que leurs pointes seulement apparaissent à la surface. C'est, du reste, ce que M. Spence Bate et M. Leydig avaient déjà aperçu. Au moment de la mue, la dépouille entraîne avec elle les extrémités des poils nouveaux et fait sortir ceux-ci de leur invagination. Le point jusqu'où l'extrémité du poil nouveau pénètre dans le poil ancien coïncide avec le point d'attache de la corde nerveuse, c'est-à-dire le bord de la languette. Il est à noter du reste que peu de temps avant la mue une seconde corde nerveuse apparaît à côté de la première et que celle-ci est rejetée au moment de la mue. Elle paraît d'ailleurs changer de nature, car elle est comme chitinisée au moment du rejet. Ces poils auditifs sont d'ailleurs si complexes qu'il serait étonnant qu'ils fussent formés comme les écailles des ailes des hyménoptères par la métamorphose d'une seule cellule (Sempr). Un grand nombre de cellules concourent en réalité à leur formation.

Quelque soigneuses qu'aient été les recherches anatomiques de M. Hensen, les conclusions physiologiques qu'il en a tirées pourraient paraître bien hasardées, s'il n'avait réussi à leur donner plus de valeur par des expériences délicates. Il s'agissait d'abord de montrer que les crustacés ont une ouïe délicate. M. Hensen a pleinement réussi dans cette démonstration. L'expérience la plus concluante consiste à placer des palémons ou des

mysis dans un vase d'eau de mer contenant de la strychnine, alcaloïde qui jouit de la propriété d'augmenter le pouvoir réflexe des centres nerveux. Sous l'influence de la strychnine le crustacé répond par des bonds énergiques aux moindres bruits qui se font entendre dans la maison Même lorsque l'animal est abattu par l'effet du poison, au point de se laisser traîner sans résistance dans son vase par l'antenne externe, le moindre son suffit pour qu'il s'arrache aux étreintes de la pincette et il tombe au fond du vase en proie à des convulsions toniques.

Il est donc évident que les crustacés sont sensibles aux sons. Restait à démontrer que les perceptions sonores ont bien lieu par l'intermédiaire des poils auditifs. Guidé par les belles recherches de M. Helmholtz sur la perception des sons, M. Hensen supposa que chaque poil auditif est susceptible d'être mis en vibration, à l'exclusion des autres, par un son déterminé. L'expérience confirma cette hypothèse. Si l'on fixe le point d'attache de la chorde nerveuse à la languette d'un poil pendant qu'on fait jouer par un instrument les différentes notes de la gamme, on voit ce point devenir indistinct ou même le poil entier entrer en vibrations énergiques pour certaines notes. Pendant ce temps les poils voisins restent d'ordinaire parfaitement immobiles et ne peuvent être ébranlés que par d'autres notes. Les conditions qui déterminent un poil à vibrer plutôt que d'autres sous l'influence d'un son déterminé sont sans doute multiples. Telles sont la longueur et l'épaisseur du poil, la longueur et l'épaisseur de la languette, etc.

La partie physiologique du mémoire de M. Hensen est d'un haut intérêt. Elle nous montre non-seulement que les crustacés peuvent percevoir des sons, mais encore que les sons *doivent* affecter ces animaux par l'intermédiaire des organes auxquels il a donné le nom de poils auditifs. Il est difficile, après une semblable démonstration, de ne pas accepter cette dénomination.

Rapport annuel des administrateurs du musée de zoologie comparée de Boston accompagné du rapport du directeur. (*Annual report of the trustees of the museum of comparative zoology, together with the report of the director.*) Boston, 1863.

Aujourd'hui que chaque courrier transatlantique nous apporte la nouvelle de sanglants combats, l'attention est détournée de l'activité scientifique des États-Unis. Cette activité n'est pourtant point paralysée et l'on est en droit de s'étonner du rapide accroissement des collections scientifiques de l'État du Massachussets sous la direction de M. Agassiz et de ses aides. Sans doute, le musée de Boston est en souffrance comme tant d'autres institutions américaines. Une grande partie des naturalistes qui contribuaient à son développement sont retenus aujourd'hui dans les camps et sur les champs de bataille, et leur place est restée vide à la table de travail. Néanmoins la marche générale de l'établissement n'a pas été entravée d'une manière sérieuse, les rapports annuels de M. Louis Agassiz et des différents conservateurs du musée en font foi. Les Américains disséminés dans les différentes parties du globe continuent d'enrichir les musées de la mère-patrie avec une libéralité qui fait honte à notre vieille Europe.

Ce n'est pas ici le lieu d'insister sur l'administration du musée de Boston. Nous désirons seulement montrer l'importance que les musées transatlantiques paraissent prendre pour l'avenir. La plupart des départements du musée de Boston rivalisent en richesse avec les plus belles collections européennes. Quelques-uns même les surpassent. Tel est le cas pour la collection ichthyologique. La collection de poissons réunie au Jardin des plantes de Paris par Cuvier et Valenciennes a passé jusqu'ici pour la plus riche. Elle compte aujourd'hui 4,200 espèces. Le British Museum a réclamé récemment la prééminence ; il possède 20,000 exemplaires, représentant, il est vrai, un nombre d'espèces qui ne doit guère dépasser celui de la collection de Paris. La collection de Boston compte, d'après M. Agassiz, 100,000 indivi-

dus représentant 6,000 espèces et se place par conséquent au premier rang. Elle comprend, du reste, trois divisions : la collection systématique, la collection de faunes et la collection de doublets. — La collection d'échinodermes ne le cède en rien aux plus belles collections d'Europe. Les richesses paléontologiques du musée de Boston sont immenses aussi et nous apprenons avec plaisir que M. le prof. Agassiz doit consacrer dorénavant son activité à ce département.

Prof. Heinr. Mueller. Ueber Verknocherung, etc. Sur l'ossification, réponse à M. Lieberkuehn (*Wurzburger naturw. Zeitschr*. Bd. IV. 1863.)

Les observations de M. Heinrich Müller [1] sur l'ossification des cartilages, ont trouvé un contradicteur dans M. Nathanaël Lieberkühn, dont nous avons analysé les travaux [2] relatifs à ce point d'histologie. M. Lieberkühn se range à l'ancienne opinion d'après laquelle les cellules étoilées des os résulteraient directement d'une métamorphose des cellules cartilagineuses, tandis que les systèmes de lamelles caractéristiques des os apparaîtraient secondairement dans le cartilage persistant incrusté de sels calcaires.

M. Müller combat de nouveau cette opinion et sa polémique n'est point conduite *sine ira*. Son ardeur est, du reste, compréhensible, tant est grande sa persuasion d'avoir les faits en sa faveur. Il a repris l'étude de l'ossification en s'attachant aux mêmes organes qui avaient fait l'objet des observations de M. Lieberkühn. Sur le bord de l'ossification d'os en pleine croissance, il s'est convaincu de nouveau que les cellules du cartilage se transforment en espaces médullaires communiquant les uns avec les autres avant l'apparition des corpuscules osseux. La substance osseuse se forme plus tard comme une couche qui tapisse ces cavités

[1] *Archives*, 1858. T. II, 174.
[2] *Archives*, 1861. T. XI, 172.

médullaires, et cette couche augmente d'épaisseur par l'apparition de substance osseuse nouvelle du côté qui regarde l'intérieur des cavités médullaires. Cette substance enferme les jeunes cellules étoilées destinées à former les corpuscules osseux, corpuscules qui ne descendent donc qu'indirectement des cellules du cartilage. Le mode de formation de l'os après destruction préalable du cartilage permet de comprendre sans difficulté l'apparition des lamelles osseuses, apparition qui reste assez énigmatique, lorsqu'on la suppose naissant secondairement dans un cartilage ossifié.

L'ossification des bois chez les chevreuils et les cerfs offre bien quelques particularités spéciales résultant de la rapidité du phénomène et de son étendue ; toutefois M. Müller montre que dans ce cas aussi les traits essentiels de l'ossification se réduisent à la destruction du cartilage sur une grande échelle et à la formation du véritable tissu osseux sur la paroi des cavités médullaires ainsi formées.

Les cartilages laryngiens chez le bœuf présentent un mode d'incrustation qui rappelle celui du squelette des polyptères, décrit par M. Leidig. Les sels calcaires forment des sortes de concrétions plus ou moins grosses croissant par stratification concentrique. Mais ces concrétions ne se transforment point elles-mêmes en tissu osseux. M. Müller a vu, soit dans les cartilages laryngiens du bœuf, soit dans le squelette des polyptères, le cartilage incrusté se creuser d'espaces médullaires dans lesquels la substance osseuse se forme.

Dans les tendons ossifiés, en voie d'ossification, M. Lieberkühn admet que le tissu tendineux perd ses caractères normaux pour se transformer directement en tissu osseux. D'un autre côté M. Lessing n'a observé qu'une incrustation des faisceaux tendineux par des sels calcaires et nie l'existence du vrai tissu osseux dans les tendons. Les observations de M. Müller ne concordent entièrement ni avec celles de M. Lessing, ni avec celles de M. Lieberkühn. D'après le savant professeur de Würzburg, l'os-

sification des tendons serait caractérisée par la formation dans le tissu tendineux de cavités remplies d'une substance molle et *sillonnée de vaisseaux*, cavités comparables aux espaces médullaires des os à base cartilagineuse. Dans ces cavités se formerait une substance dure, incrustée de sels calcaires plus ou moins voisine par sa structure du véritable tissu osseux. Cette substance ne renferme pas de fibres élastiques, ou s'il en existe quelques-unes, elles sont comparables aux fibres perforantes de M. Sharpey. M. Müller arrive donc comme M. Lieberkühn à la conclusion que l'ossification des cartilages s'opère de la manière que l'ossification des tendons. Il est vrai que, malgré cette identité de conclusion, les procédés d'ossification décrits par les deux observateurs sont bien différents.

A. AGASSIZ. ON ALTERNATE GENERATION, etc. SUR LA GÉNÉRATION ALTERNANTE DES ANNÉLIDES ET L'EMBRYOLOGIE DE L'AUTOLYTUS CORNUTUS (*Journ. Boston Soc. Nat. Hist.*, vol. VIII, p. 392. Cambridge 1862).

Il résulte des travaux successifs de MM. Œrsted, Grube, Joh. Müller, Max Müller, Keferstein, que les Autolytus présentent la particularité rare parmi les Annélides d'un polymorphisme éclatant. Les mâles sont en effet si différents des femelles qu'ils ont été décrits comme appartenant à des genres différents. Il existe en outre dans chaque espèce une troisième forme, savoir la forme asexuée qui engendre les individus sexués par bourgeonnement à son extrémité postérieure, car la génération alternante de ces vers est aujourd'hui bien établie.

M. Alex. Agassiz a retrouvé dans le port de Boston l'Autolytus dont les mâles avaient été décrits en 1843 par M. Œrsted sous le nom de *Polybostrichus setosus* du Grœnland. Il a observé, en outre, dans la même localité une autre espèce à laquelle il donne le nom d'*Autolytus cornutus*, espèce qui paraît se rapprocher de l'*A.* (*succoncercis*) *Helgolandiæ* des côtes d'Europe. Les différences entre les individus des deux sexes sont de même nature que

chez les espèces européennes. Les femelles au moment où elles se détachent des individus agames n'ont point encore de sac ovigère. Ce sac se forme bientôt et les œufs sont pondus dans son intérieur. Les embryons se développent rapidement et leur sortie du sac paraît entraîner la mort de la femelle. Du moins M. Agassiz n'a-t-il jamais rencontré de femelles après la sortie des embryons. Ceux-ci offrent au moment de la sortie un contour triangulaire, leur corps s'amincissant rapidement vers l'extrémité postérieure. M. Alex. Agassiz a poursuivi avec soin les différentes phases du développement de ces jeunes individus, qui sont un exemple du développement le plus simple présenté par les annélides polychètes.

H. MULLER. UEBER DEN UNMITTELBAREN UEBERGANG... SUR LE PASSAGE DIRECT DE L'ARTERIA RADIALIS DANS LA VENA CEPHALICA CHEZ LES CHAUVES-SOURIS. (*Wurzb. naturw. Zeitschrift*, B. III, S. 168.)

Dans le N° 66 des *Archives* (p. 136) nous trouvons, parmi les *Notes anatomiques* du professeur Hyrtl, celle que chez certains chéiroptères un tronc de l'artère radicale passe directement dans un tronc veineux, sans l'intermédiaire de vaisseaux capillaires. Si, d'après Sucquet et Bernard, le sang des artères pouvait aussi chez l'homme passer immédiatement dans les veines, la découverte de Hyrtl, appuyant cette opinion, serait d'une grande importance non-seulement pour la physiologie, mais encore pour la pathologie. Mais elle est loin d'être mise hors de doute. Un habile anatomiste, M. H. Müller, employant soit la dissection, soit de délicates injections, n'a pu trouver chez les chéiroptères examinés le passage en question d'une artère dans une veine. Il faut cependant ajouter que les genres examinés n'étaient pas les mêmes. J.-B. S.

Dr H.-A. PAGENSTECHER. SUR LA LOI DE PRODUCTION DES SEXES, remarques critiques à propos d'un mémoire de M. Thury. (*Zeitschr. f. wiss. Zool*. 1863, XIII, p. 541.)

M. Pagenstecher convaincu de l'importance du mémoire de

M. Thury s'est empressé de le traduire en allemand, afin de lui donner une plus grande publicité dans les pays germaniques. Il n'a pu cependant adhérer entièrement à la théorie du savant genevois, et le travail que nous avons sous les yeux a pour but de faire quelques objections capitales à cette théorie. En outre, M. Pagenstecher, acceptant entièrement les faits dont M. Thury est parti comme base, cherche à en rendre compte par une théorie nouvelle. Nous nous abstiendrons de discuter ici la valeur relative de ces deux théories, mais comme les *Archives* ont consacré un article à celle de M. Thury, nous pensons qu'il est de notre devoir de faire connaître brièvement celle de M. Pagenstecher.

Les travaux modernes sur la reproduction, tels que ceux de Geoffroy-Saint-Hilaire, Home, Joh. Müller, M. Leukart, etc., ont pris pour base l'axiome que l'embryon est asexué, soit neutre dans le principe, mais que la suite de son développement se fait au point de vue du sexe dans l'une ou l'autre de deux voies distinctes. Dans cette hypothèse (cet axiome est en effet hypothétique) les conditions qui déterminent le développement dans l'une ou dans l'autre direction sont nécessairement externes à l'embryon. La fécondation par la semence du père donnant l'impulsion au premier développement de l'œuf et par conséquent à l'embryon neutre, ne saurait avoir aucune influence sur la détermination du sexe. En effet, dès que l'embryon est susceptible de rester pendant un certain temps dans un état de complète indifférence sexuelle, il est évident que son sexe n'a pu être déterminé par la première impulsion qui amènera la formation de l'embryon dans l'œuf.

Et pourtant il semble évident que l'acte de la fécondation agit selon les qualités du père sur la détermination du sexe de l'embryon. Cela résulte en particulier des observations et des expériences de Hofacker. Cet observateur a montré, en effet, qu'à partir de l'âge de 24 ans chez l'homme et d'une époque déterminée chez le mouton, le nombre des produits masculins est d'autant plus considérable que le père est plus âgé. D'un autre côté, Mar-

tegonte a prouvé que de fortes brebis donnent naissance à une progéniture femelle relativement plus nombreuse que des brebis faibles ; il a montré en outre que dans le commencement du rut, alors que le bélier est dans sa pleine vigueur, le nombre des produits mâles l'emporte ; que vers le milieu du rut, lorsque le bélier est affaibli par les fécondations fréquemment réitérées, les produits féminins sont plus nombreux et que vers la fin du rut, au moment où le bélier moins occupé commence à reprendre des forces, les produits mâles redeviennent plus nombreux. Tous ces faits ne peuvent guère s'expliquer par la théorie de M. Thury.

Les cas de parthénogénèse méritent aussi d'être mentionnés comme s'expliquant difficilement par la théorie de M. Thury. Il semble aujourd'hui démontré que, en l'absence de toute fécondation, les abeilles donnent constamment naissance à des individus mâles et les psychides à des individus femelles. On sait aussi depuis Loenwenhoek, Cestoni et Réaumur, et surtout depuis Bonnet, que les pucerons donnent naissance pendant la plus grande partie de l'année à des individus vivants du sexe féminin. A une époque déterminée seulement, ils produisent des individus mâles et des individus femelles qui s'accouplent entre eux, après quoi les femelles pondent des œufs.

Ces faits si remarquables, si difficiles à concilier avec la manière de voir de M. Thury, pourraient s'expliquer facilement, pense M. Pagenstecher, si l'on admettait la théorie suivante :

Le développement de l'embryon dans l'œuf est influencé par des circonstances extérieures qui agissent pour le favoriser, l'entraver ou le modifier d'une manière quelconque. Une des plus importantes de ces circonstances, c'est la fécondation. Il est rare que sans son intervention le développement embryonnaire puisse s'accomplir dans sa totalité. Lorsque cela arrive, les embryons formés sont caractérisés par une énergie vitale moindre [1]

[1] Chez certains lépidoptères on voit un petit nombre d'œufs d'une ponte non fécondée se développer jusqu'à l'éclosion. La majorité périt avant ce terme.

ou bien par l'impossibilité de parcourir l'un ou l'autre des deux modes de développement sexuel. Cette impossibilité peut, il est vrai, disparaître sous l'influence d'autres circonstances, comme cela paraît avoir lieu pour les aphides au fort de l'été. Cette théorie est naturellement incompatible avec l'hypothèse de l'indifférence sexuelle de l'embryon pendant les premières phases de son évolution. Elle admet au contraire que l'ovule est dès le principe déterminé quant au sexe, mais que certaines circonstances, la fécondation en particulier, peuvent intervenir pour modifier son évolution et tendre à faire apparaître le sexe opposé. Ce qu'il y a de singulier, c'est que cette disposition sexuelle primaire n'est point la même (exemple : abeilles, psychides) dans toute la série des êtres organisés , mais qu'elle varie avec les groupes zoologiques et botaniques, avec les ordres, les genres, les espèces ou même peut-être les individus.

Pour la race bovine en particulier, les résultats observés (expériences de M. Cornaz) devraient être interprétés dans la théorie de M. Pagenstecher de la manière suivante. L'ovule est dès le principe un ovule virtuellement mâle, mais non susceptible de se développer sans avoir reçu l'impulsion de la liqueur fécondante. Lorsque la fécondation aura lieu trop tard pour réussir à changer le sexe de l'ovule, bien qu'assez tôt pour pouvoir donner l'impulsion du développement, le produit sera un individu mâle. Une fécondation précoce pourra transformer le sexe et déterminer la production d'un individu féminin, bien que cela ne soit point toujours nécessaire ; une fécondation plus tardive ne pourra plus modifier le sexe, mais pourra encore donner l'impulsion du développement ; une fécondation plus tardive encore ne pourra plus même donner cette impulsion.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1864.

Le 1er, le matin, il est tombé de la pluie et de la neige.
2, le matin, il est tombé un peu de neige.
8, brouillard presque tout le jour, dépôt de givre.
13, id. id.
14, brouillard tout le jour, dépôt de givre.
15, brouillard jusqu'au soir, id.
16, le givre a disparu.
17, brouillard jusqu'à 6 h. du soir ; couronne lunaire dans la soirée.
18. brouillard jusqu'à 2 heures, avec dépôt de givre.
19. brouillard de 8 h. du matin à 4 h. du soir.
21, brouillard le matin jusqu'à 10 h., avec dépôt de givre; halo solaire de 10 h. à 11 h. 15 m., et de 2 h. 30 m. à 3 h. 45 m. ; très-beau halo lunaire dans la soirée depuis 5 h. 30 m.
22, couronne lunaire, de 5 h. à 7 h. du soir.
25, brouillard le matin jusqu'à midi.
26, couronne lunaire dans la soirée, et faible halo lunaire depuis 10 h. 15 m.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 2 h. soir.....	719,32
Le 5, à 10 h. matin...	732,66		
		9, à 4 h. soir.....	730 16
12, à 10 h. soir.....	737,14		
		14, à 2 h. soir.....	733,56
20, à 10 h. matin...	739,63		
		24, à 2 h. soir.....	734,12
26, à 10 h. matin...	737,55		
		29, à 6 h. matin...	727,61
30, à 10 h. soir.....	736,15		
		31, à 4 h. soir...	733,80

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim	o	o	o	o	mm	mm.					mm.				o	o	pouces
1	719,74	— 7,73	+ 2,80	+3,09	+ 0,4	+ 6,2	5,10	+1,12	907	+ 38	750	1000	6,3	7	SSO. 1	0,97	.	....	30,0
2	725,09	— 2,39	— 5,68	—5,36	— 8,3	0,0	2,54	—1,44	884	+ 15	810	1000	1,3	2	NNE. 3	0,89	4,2	— 1,0	30,0
3	726,69	— 0,80	— 8,95	—8,60	—10,2	— 7,4	2,06	—1,92	916	+ 47	830	940	...	..	N. 3	0,69	...	.....	30,0
4	730,93	+ 3,43	— 9,63	—9,26	—11,0	— 7,4	1,76	—2,22	829	— 40	560	1000	...	..	N. 2	0,98	3,9	— 1,2	30,0
5	732,32	+ 4,81	— 7,66	—7,27	— 9,5	— 5,7	2,30	—1,68	906	+ 37	840	940	...	..	E. 1	1,00	4,8	— 0,2	29,0
6	732,18	+ 4,67	— 6,35	—5,94	— 8,0	— 4,4	2,79	—1,20	992	+123	930	1000	...	..	SE. 1	1,00	3,8	— 1,2	30,0
7	731,08	+ 3,57	— 6,06	—5,64	— 8,1	— 3,8	2,86	—1,13	988	+119	910	1000	...	..	SE. 1	1,00	3,8	— 1,1	29,5
8	731,36	+ 3,85	— 5,59	—5,16	— 9,0	— 3,5	3,69	—0,91	996	+127	980	1000	. .	..	SSE. 1	1,00	4,7	— 0,2	29,7
9	730,62	+ 3,11	— 4,28	—3,84	— 6,2	— 2,4	3,24	—0,76	970	+101	900	1000	...	..	variable	1,00	5,0	+ 0,2	30,0
10	731,84	+ 4,33	— 4,18	—3,73	— 5,7	— 2,0	3,26	—0,75	976	+107	880	1000	...	..	SE. 1	1,00	...	.....	30,0
11	733,29	+ 5,78	— 4,59	—4,13	— 5,9	— 2,1	3,14	—0,87	974	+106	870	1000	...	..	ESE. 1	1,00	4,8	0,0	30,0
12	736,00	+ 8,50	— 5,76	—5,29	— 6,9	— 4,0	2,94	—1,07	996	+128	940	1000	...	..	SE. 1	1,00	4,7	0,0	30,0
13	735,60	+ 8,10	— 5,79	—5,33	— 7,3	— 3,4	2,96	—1,06	987	+119	940	1000	...	..	SE. 1	1,00	4,2	— 0,5	29,8
14	734,03	+ 6,53	— 6,83	—6,38	— 8,8	— 4,8	2,75	—1,27	998	+131	980	1000	...	..	variable	1,00	4,1	— 0,2	29,2
15	734,72	+ 7,23	— 6,23	—5,79	— 8,1	— 4,7	2,86	—1,17	996	+129	960	1000	..	..	variable	1,00	4,3	— 0,3	29,0
16	735,21	+ 7,73	— 6,29	—5,87	— 6,8	— 4,4	2,56	—1,48	918	+ 52	840	965	...	..	NE. 1	0,97	4,0	— 0,6	29,0
17	734,98	+ 7,51	— 6,46	—6,06	— 8,6	— 2,5	2,76	—1,28	934	+118	850	1000	...	..	SSO. 1	0,91	..	....	28,3
18	734,42	+ 6,96	— 4,62	—4,24	— 7,3	— 2,0	3,24	—0,81	990	+125	900	1000	...	..	S. 1	1,00	3,9	— 0,6	27,5
19	738,18	+10,73	— 4,68	—4,32	— 7,3	— 2,8	3,17	—0,89	977	+113	890	1000	...	..	variable	1,00	4,3	— 0,2	27,0
20	738,83	+11,40	— 4,74	—4,41	— 8,2	+ 1,0	2,96	—1,11	928	+ 64	720	1000	...	..	variable	0,37	4,7	+ 0,2	27,0
21	735,98	+ 8,57	— 4,57	—4,27	— 9,7	+ 1,5	3,04	—1,04	906	+ 43	750	1000	...	..	variable	0,72	4,8	+ 0,3	26,7
22	735,58	+ 8,19	— 1,89	—1,62	— 8,2	+ 7,0	3,14	—0,95	787	— 75	480	1000	...	..	SSO. 1	0,12	4,3	— 0,2	26,5
23	735,42	+ 8,05	+ 0,23	+0,46	— 6,2	+10,1	3,75	—0,35	802	— 59	480	1000	...	..	S. 1	0,21	4,6	— 0,1	26,0
24	734,72	+ 7,37	+ 3,31	+3,50	— 2,0	+ 6,9	4,79	+0,68	788	— 72	620	940	0,4	3	variable	1,00	...	.....	26,0
25	736,49	+ 9,16	+ 4,10	+4,25	+ 2,2	+ 6,8	5,69	+1,57	926	+ 67	790	1000	...	..	variable	0,94	4,6	+ 0,2	26,0
26	736,89	+ 9,59	+ 2,89	+3,00	— 0,7	+ 6,8	5,03	+0,91	892	+ 35	740	970	...	..	variable	0,52	4,8	+ 0,4	26,0
27	735,87	+ 8,59	+ 4,42	+4,48	— 1,8	+10,0	5,07	+0,94	790	— 66	590	930	..	..	SO. 1	0,86	4,9	+ 0,5	27,0
28	730,72	+ 3,47	+ 4,81	+4,82	+ 2,4	+ 9,3	5,19	+1,06	809	— 46	600	890	4,3	3	S 1	1,00	5,0	+ 0,6	27,0
29	728,83	+ 1,61	+ 2,67	+2,63	+ 1,1	+ 5,0	4,75	+0,61	855	+ 1	740	990	0,4	1	NNE. 2	0,84	5,1	+ 0,7	27,0
30	734,70	+ 7,51	— 1,95	—2,04	— 2,7	0,0	3,33	—0,82	846	— 6	760	980	...	..	N. 2	0,94	3,7	— 0,7	28,0
31	735,13	+ 7,97	— 3,87	—4,02	— 5,4	— 1,8	3,03	—1,12	899	+ 43	750	980	..	..	NNE. 1	0,80	...	.....	28,0

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1864.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	728,75	729,03	729,38	729,09	728,82	729,06	729,39	729,72	729,92
2e »	735,33	735,58	735,92	735,44	735,04	735,18	735,42	735,79	735,89
3e »	734,53	734,88	735,02	734,61	734,02	733,90	734,30	734,66	734,79
Mois	732,92	733,22	733,49	733,10	732,67	732,75	733,08	733,43	733,57
					Température.				
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 6,53	— 6,49	— 5,78	— 4,46	— 3,93	— 4,40	— 4,78	— 5,20	— 5,67
2e »	— 6,70	— 6,82	— 5,75	— 4,22	— 3,66	— 4,05	— 5,05	— 5,41	— 5,70
3e »	— 1,42	— 1,19	+ 0,74	+ 3,48	+ 4,74	+ 3,87	+ 2,04	+ 0,93	— 0,07
Mois	— 4,77	— 4,72	— 3,46	— 1,57	— 0,77	— 1,35	— 2,44	— 3,09	— 3,69
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	2,82	2,77	2,84	2,98	3,06	3,02	2,99	2,90	2,94
2e »	2,72	2,70	2,92	3,12	3,13	3,10	3,03	2,96	2,93
3e »	3,96	3,94	4,31	4,42	4,39	4,53	4,52	4,29	4,16
Mois	3,20	3,16	3,39	3,54	3,55	3,58	3,55	3,41	3,37
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade,	984	966	926	885	876	893	908	902	958
2e »	996	994	989	939	902	918	969	976	985
3e »	935	912	878	744	682	739	835	855	887
Mois	970	955	929	852	816	846	902	909	942

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 7,56	— 3,04	0,95	4,31	7,6	29 8
2e »	— 7,52	— 2,97	0,93	4,37	0,0	28,7
3e »	— 2,82	+ 5,60	0,72	4,64	5,1	26,6
Mois	— 5,87	+ 0,05	0,86	4,45	12,7	28,4

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 81°,6 E. et son intensité est égale à 24 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1864.

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1864.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant		Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm				
1	554,58	— 6,23	554,05	555,32	—10,53	— 1,42	—12,0	— 8,2	60	5,8	5	NE.	1	0,80
2	553.14	— 7,64	552,70	553,43	—15,65	— 6,51	—21,4	—10,7	130	5.3	9	NE.	1	0,86
3	553,03	— 7,73	551,93	555,21	—20,29	—11,11	—23,8	—16,5	......	......	......	SO.	1	0,73
4	559,22	— 1,52	557,46	560,70	—12,45	— 3,24	—13,8	—10,5	......	......	......	SO.	1	0,59
5	561,92	+ 1,20	561.03	562,34	—12,80	— 3,56	—15,6	—11,1	......	......	......	SO.	1	0,07
6	562,45	+ 1,75	562,23	562,76	— 9,65	— 0,38	—10.8	— 7,6	......	......	......	SO.	1	0,01
7	563.08	+ 2,40	562,64	563,59	—10,06	— 0,77	—12,7	— 8,5	......	......	......	SO.	1	0,01
8	563,78	+ 3,12	563,46	564.28	—10,95	— 1,63	—11,4	— 9,6	......	......	......	SO.	1	0,07
9	563,34	+ 2.70	563,11	563,63	—10,97	— 1,62	—12,1	— 9,4	......	......	......	SO.	1	0,03
10	564.03	+ 3,41	563,33	564,95	— 9,08	+ 0,29	—10,1	— 7,3	......	......	......	NE.	1	0,00
11	565,40	+ 4,80	564,66	566,38	— 7,27	+ 2,12	— 8,3	— 5,8	......	......	......	NE.	1	0,13
12	567,56	+ 6,98	566,59	568,34	— 6,24	+ 3,17	— 7,7	— 3,8	......	......	......	NE.	1	0,00
13	567,02	+ 6.46	566,45	567,72	— 5,87	+ 3,56	— 7,6	— 1,9	......	......	......	NE.	1	0,00
14	565,30	+ 4,76	565,04	565,71	— 7,17	+ 2,27	— 8,5	— 5,3	......	......	......	NE.	1	0,00
15	564,97	+ 4,45	564,44	565,35	— 8,60	+ 0,85	— 9,4	— 7,7	......	......	......	NE.	1	0,04
16	564,88	+ 4,38	564,27	565,73	— 9,31	+ 0,15	—10,9	— 5,4	......	......	......	NE.	1	0,00
17	565,45	+ 4,97	565,28	565.82	— 7,60	+ 1,87	— 8,6	— 6,2	......	......	......	NE.	1	0,13
18	565,48	+ 5,02	564,64	566,19	—14,56	— 5,08	—16,8	—11,6	......	......	......	SO.	1	0,00
19	567,16	+ 6,72	566,10	568,12	—10,79	— 1,30	—13,3	— 7,4	......	......	......	NE.	1	0,00
20	569.34	+ 8,92	568,64	569,85	— 5,64	+ 3,85	— 9,8	— 3,3	......	......	......	NE.	1	0,00
21	569,14	+ 8,74	568,82	569,68	— 3,25	+ 6,25	— 4,5	— 1,3	......	......	......	calme		0,41
22	568.51	+ 8.13	568,11	568,92	— 5,35	+ 4,15	— 6,5	— 2.7	......	......	......	NE.	1	0,04
23	568,93	+ 8,58	568,59	569,24	— 3,81	+ 5,69	— 6,1	— 1,2	......	......	......	NE.	1	0,00
24	568.40	+ 8,07	568,21	568,81	— 4,60	+ 4,90	— 6,2	— 3,0	......	......	......	NE.	2	0.69
25	569,23	+ 8,92	568,46	569,86	— 5,24	+ 4,26	— 7,1	— 3,0	100	8,0	5	SO.	1	0,17
26	569,97	+ 9,68	569,76	570,51	— 4,45	+ 5,05	— 6,4	— 1,8	......	......	......	variable		0,00
27	568,52	+ 8,25	568,36	568,84	— 5,14	+ 4,35	— 7,4	— 1,4	......	......	......	NE.	1	0,54
28	563,42	+ 3,17	560.71	566,32	— 6,37	+ 3,12	—10,0	— 2,6	20	2,8	4	NE.	1	0.68
29	560,08	— 0,15	559,11	561,19	—11,14	— 1,66	—12,0	— 9,2	10	1,3	2	NE.	2	1,00
30	564,62	+ 4.41	562,14	566,49	—10,66	— 1,19	—13,0	— 8.3	......	......	......	SO.	1	0,00
31	565,24	+ 5,04	564,00	566,87	—11.72	— 2,27	—16,9	— 3.0	......	......	......	SO.	2	0,24

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1864.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	559,45	559,62	559,93	559,70	559,53	559,87	560,04	560,27	560,47
2e »	565,77	566,13	566,45	566,16	566,03	566,27	566,39	566,61	566,67
3e »	566,81	567,06	567,30	566,85	566,67	566,71	566,82	567,04	567,15
Mois	564,10	564,36	564,65	564,32	564,16	564,36	564,50	564,72	564,84

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
1re décade,	—12°,66	—12°,78	—12°,23	—11°,07	—10°,96	—11°,90	—12°,38	—12°,32	—12°,35
2e »	— 9,19	— 9,55	— 8,99	— 7,20	— 6,40	— 7,56	— 8,34	— 7,91	— 8,08
3e »	— 7,09	— 6,65	— 6,01	— 4,04	— 4,93	— 6,21	— 7,26	— 7,44	— 7,53
Mois	— 9,56	— 9,56	— 8,98	— 7,33	— 7,35	— 8,48	— 9,26	— 9,16	— 9,26

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	—14,37	— 9,94	0,32	11,1	190
2e »	—10,09	— 5,84	0,03	0,0	0
3e »	— 8,74	— 3,41	0,34	12,1	130
Mois	—10,99	— 6,30	0,23	23,2	320

Dans ce mois, l'air a été calme 37 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,51 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 14 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

DE LA CONDUCTIBILITÉ

DE LA GLACE POUR LA CHALEUR

PAR

M. LUCIEN DE LA RIVE [1].

Lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 4 février 1864.

J'ai cherché à déterminer la conductibilité calorifique de la glace en la comparant à celle du verre; ces deux substances présentent en effet des analogies, qui permettaient de penser que toutes deux offrent, à la propagation de la chaleur, une résistance du même ordre.

Appareils.

La méthode employée consiste à produire un flux de chaleur au travers de deux lames, l'une de glace et l'autre de verre, séparées seulement par une substance beaucoup plus conductrice, du mercure, et à observer les températures des surfaces des deux lames. L'appareil dont je me suis servi est une auge rectangulaire en bois soutenue par la prolongation au-dessous du fond de l'auge, des deux petites faces du prisme, de façon à n'être en

[1] *Extrait des Mémoires de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève.* T. XVII, 2e partie, 1864.

communication avec la table que par les sections de ses bases. L'auge a $0^m,40$ de longueur, $0^m,06$ de largeur et $0^m,08$ de profondeur ; l'épaisseur des parois est de $0^m,01$. Aux trois quarts de sa longueur, l'auge est séparée en deux compartiments par le système des deux lames. Pour abréger, je désignerai le plus grand compartiment par C et l'autre par C'. J'ai fait faire trois auges semblables, qui ne diffèrent entre elles que par le système des lames.

Dans l'auge n° 1, il y a, en allant de C vers C', en premier lieu une lame de fer, puis à un centimètre plus loin, une lame de verre de $0^m,005$ d'épaisseur et enfin à un centimètre plus loin, une seconde lame de verre semblable à la première.

Dans l'auge n° 2, il y a en premier lieu une lame de fer, puis à un centimètre plus loin, deux lames de fer, laissant entre elles un espace de $0^m,005$ d'épaisseur destiné à former une lame de glace et enfin, à un centimètre plus loin, une lame de verre semblable à celle de l'auge n° 1.

L'auge n° 3 ne diffère du n° 2, que par l'épaisseur de la lame de glace qui est de $0^m,010$.

Pour obtenir les lames de glace, il a suffi de laisser exposer à l'air les auges 2 et 3, après avoir rempli d'eau distillée l'espace compris entre les deux lames de fer.

La dilatation qui accompagne la formation de la glace, établit un contact forcé entre les surfaces de la lame de glace et les deux parois métalliques.

Manière d'expérimenter.

Dans ce qui suit, je désigne par L la première lame du côté de C et par L' la seconde. Pour expérimenter, on

verse du mercure, soit entre la lame de fer terminant C et L, soit entre L et L′, et on plonge deux thermomètres, A et B, dans ces deux lames de mercure séparées comme on le voit par L. Cela fait, on remplit C d'eau à 0° et une ou deux minutes après on verse dans C de l'essence de térébenthine refroidie au-dessous de 0°. A partir de cet instant on observe alternativement les thermomètres A et B toutes les minutes et l'on agite continuellement les liquides contenus dans C et C′ ; il faut en particulier agiter vivement l'eau à 0° dans le voisinage de L′ pour empêcher la formation sur la surface de cette lame d'une petite couche de glace. L'expérience dure environ 20 minutes.

Théorie de cette expérience.

Dans l'expérience qui vient d'être décrite, il s'établit un flux de chaleur allant au travers de lames L et L′, de l'eau à 0° à l'essence refroidie [1]. Si la température du liquide contenu dans C restait constante, le flux deviendrait au bout de quelques instants constant dans toute la longueur du conducteur et par conséquent égal dans L et L′ ; mais la température de C s'élève à mesure que la chaleur de C′ y pénètre et l'on doit se demander de quelle manière varient, par rapport l'un à l'autre, le flux dans L et le flux dans L′.

[1] Il est possible qu'une certaine quantité de chaleur traverse la lame de verre et la lame de glace par rayonnement, mais cette quantité serait beaucoup plus petite que le flux par conductibilité ; il suffit, pour s'en convaincre, d'observer les vitesses de refroidissement d'un thermomètre, suivant qu'on le place dans une enceinte refroidie ou qu'on le plonge dans un liquide. On verra d'ailleurs plus loin que le flux est en raison inverse de l'épaisseur de la lame, ce qui montre que le rayonnement n'est pas sensible.

Considérons les courbes de température données par les thermomètres A et B (fig. 1). On voit par leur inspection que A descend d'abord rapidement, atteint un minimum, puis remonte ensuite lentement. De même pour B; mais le minimum de B n'a lieu qu'après celui de A. Observons que B donne à chaque instant la température de la lame de mercure comprise entre L et L'. Pendant que B baisse, le mercure se refroidit et par conséquent la chaleur perdue l'emporte sur la chaleur gagnée, c'est-à-dire que le flux dans L est plus grand que le flux dans L'. Au contraire, pendant que B monte, c'est l'inverse qui a lieu et le flux dans L est plus petit que dans L'. Il résulte de là qu'au moment du minimum de B ces deux flux sont égaux.

Reste maintenant à trouver l'expression du flux de chaleur dans une lame en fonction du coefficient de conductibilité et des températures des deux surfaces de la lame. Si les températures étaient stationnaires, cette expression serait, comme on sait :

$$\frac{KS}{e}(u_1-u_2)$$

K étant le coefficient de conductibilité, S la section de la lame, e l'épaisseur, u_1 et u_2, les températures des deux surfaces.

Mais les températures varient et il en résulte que le flux n'est pas constant dans toute l'épaisseur de la lame, puisque ces diverses tranches se réchauffent ou se refroidissent inégalement.

Toutefois, on peut montrer que l'expression du flux, dans le cas des températures stationnaires, convient aussi au cas où la température varie, pourvu que la quantité

de chaleur absorbée ou dégagée par toute la lame soit très-petite, par rapport à celle qui la traverse dans le même temps.

En effet, en désignant par x la distance d'une tranche de la lame à l'origine, u la température de cette tranche est une fonction de x et du temps t, et le flux de chaleur a pour expression $-\mathrm{KS}\frac{du}{dx}$. Or, d'après l'hypothèse admise, la quantité de chaleur qui traverse complétement la lame à un instant déterminé, ne diffère que très-peu du flux pour ce même instant en chaque tranche, et ne diffère que très-peu aussi par conséquent de la moyenne des valeurs de ce flux pour toutes les tranches de la lame [1]. Or cette moyenne sera donnée par l'intégrale :

$$\frac{\mathrm{SK}}{\mathrm{e}}\int_{x_1}^{x_2}\frac{du}{dx}\,dx$$

dont la valeur est l'expression :

$$\mathrm{SK}\left(\frac{u_2-u_1}{e}\right)$$

Ainsi, au moment du minimum de B, en désignant par u_a et u_b les températures de A et de B, par u_o celle de l'eau à 0°, et enfin par K et K' et e et e' les conductibilités et les épaisseurs de L et de L', on a :

$$\mathrm{SK}\left(\frac{u_b-u_a}{e}\right)=\mathrm{SK}'\left(\frac{u_b-u_o}{e'}\right)$$

[1] Pour s'assurer que dans le cas actuel la chaleur absorbée par les lames est petite par rapport à la chaleur qui la traverse, il suffit d'observer que la variation de la température est déterminée par le réchauffement de la masse liquide contenue dans C.

d'où :

$$\text{(I)} \qquad \frac{K'}{K} = \frac{e}{e'} \, \frac{u_b - u_o}{u_a - u_b}$$

Expériences.

Les expériences 1, 2, 3, 4 et 5 ont été faites le 17 janvier, par une température de —3°. Dans les tableaux suivants, les deux colonnes verticales renferment les températures observées sur chaque thermomètre de deux en deux minutes, chaque observation de B étant intercalée entre deux observations successives de A. Les nombres expriment des degrés au-dessous de 0.

N° 1. Auge n° 1.		N° 2. Auge n° 2.		N° 3. Auge n° 3.		N° 4. Auge n° 2.	
u_a	u_b	u_a	u_b	u_b	u_a	u_b	u_a
5,5	2,0	5,5	2,7	5,5	2,5	5,5	2 8
7,5	3,0	6,6	3,8	7,4	2,6	6,2	3,5
8,6	3,7	6,8	4,1	7,2	2,8	6,3	3,7
8,5	3,8	6,8	4,2	6,8	3,0	6,3	3,8
8,2	3,8	6,7	4,1	6,3	2,8	6,0	3,7
7,8	3,7	6,4	4,0	6.0	2,7	5,7	3.6
7,3	3.6	6.1	3,8	5,7		5,5	3,5
6,9	3,5	5,8				5,3	
6,6	3,2						
6,3							

Dans l'expérience n° 5 on s'est servi de l'auge n° 1 et on n'a mis du mercure qu'entre L et L' en laissant vide l'intervalle entre L' et la lame de fer, et en plaçant le thermomètre A dans l'essence, on a pu s'assurer ainsi que la quantité de chaleur enlevée au mercure, par les parois de l'auge, est insensible.

N° 5.

u_a	u_b
6,7	0,2
6,2	0,2
5,8	

Deux autres expériences ont été faites avec l'appareil n° 1, en remplaçant l'essence refroidie par de l'eau chaude, et l'eau à 0° par de la glace pilée, pour s'assurer que la résistance du mercure est très-petite par rapport à celle du verre.

N° 6.

Eau chaude dans C; glace pilée dans C'; les boules des thermomètres A et B sont placées le plus loin possible des deux surfaces de L.

u_a	u_b
24,6	10,0
25,3	11,0
24,6	11
26,1	10,8
23,4	

N° 7.

Les boules des thermomètres A et B sont le plus près possible des deux surfaces de L.

u_a	u_b
19	9,2
19,6	9,5
19,2	9,2
18,8	9,1
18,5	

Résultats des expériences.

Les expériences 6 et 7, font voir que l'épaisseur de la lame de mercure influe un peu sur les températures de A et de B. En effet, en prenant la moyenne des deux observations de A correspondant au maximum de B, on trouve :

	$u_a - u_b$	$u_b - u_0$	$\frac{u_a - u_b}{u_b - u_0}$
(N° 6)	13,2	11,1	1,2
(N° 7)	9,9	9,5	1,0

Cette différence est donc sensible, mais il faut observer que dans la manière ordinaire d'expérimenter, les deux thermomètres occupent à peu près le milieu des deux lames de mercure, de sorte que la différence est beaucoup plus petite que dans les expériences 6 et 7.

Les résultats des expériences 1, 2, 3 et 4, se déduisent immédiatement des tableaux ci-dessus ; on prend pour la valeur de u_a correspondant au minimum de u_b, la moyenne des deux observations de A_a qui précèdent et suivent l'observation du minimum de B.

Dans l'expérience n° 1, K étant égal à K' on doit avoir :

$$\frac{e}{e'} = \frac{u_a - u_b}{u_b - u_0}$$

L'épaisseur de L est $5^{mm},1 = e$.

» L' est $4^{mm},6 = e'$.

On trouve

$$u_a - u_b = 82 - 38 = 44$$
$$u_b - u_0 = 38 - 0 = 38$$

Ce qui donne

$$\frac{e}{e'} = 1,10 \text{ et } \frac{u_a - u_b}{u_b - u_0} = 1,15$$

Cette expérience fait donc voir que dans les circonstances où l'on se trouvait, la chaleur perdue ou gagnée par rayonnement à la surface du conducteur est négligeable, ce qui provient, soit de la faible longueur du conducteur par rapport à sa section, soit de ce que la température moyenne du conducteur était sensiblement celle de l'air.

Les courbes n° 2 donnent:

$$u_a - u_b = 25,5$$
$$u_b - u_o = 42.$$

En faisant dans l'équation (1)

$e = 5,5$ épaisseur de la lame de glace.
$e' = 5,1$ épaisseur de la lame de verre.

on a:

$$\frac{K}{K'} = \frac{5.5}{5,1} \times \frac{42,0}{25,5} = 1,77.$$

Les courbes n° 3 donnent:

$$\frac{K}{K} = \frac{10,5}{5,1} \times \frac{30}{35} = 1,76$$

Les courbes n° 4 donnent:

$$\frac{K}{K'} = \frac{5,5}{5,1} \times \frac{38}{23,5} = 1,75$$

Ainsi, le rapport $\frac{K}{K'}$ reste constant quelle que soit l'épaisseur de la lame de glace, ce qui fait voir que les résistances au passage de la chaleur entre les surfaces en contact, ne sont pas notables.

La moyenne de ces trois valeurs trouvées pour le rapport $\frac{K}{K}$ est 1,76.

Conductibilité absolue du verre.

Dans les questions où la conductibilité de la glace entre comme élément, il serait presque toujours important de connaître sa valeur absolue. J'ai cherché à déterminer cet élément pour le verre, ce qui présente naturellement plus de facilité que si l'on voulait faire directement cette détermination sur la glace elle-même.

On s'est servi pour cela de l'auge (n° 1) ; on remplit le compartiment C de glace pilée, puis on verse entre L et L′ de l'eau dont la température initiale est un peu supérieure à celle de l'air et dont on observe le refroidissement en ayant soin de l'agiter continuellement, en même temps qu'on pousse continuellement la glace pilée contre la face de L′.

Théorie de cette expérience.

On peut d'abord montrer comme plus haut, qu'à un instant donné, le flux de chaleur au travers de la lame a sensiblement pour expression : $\frac{KS}{e}(u_t - u_0)$ où u_t est la température de la face en contact avec l'eau à l'instant t. On a vu que la condition nécessaire est que la chaleur dégagée à chaque instant par la lame, soit très-petite par rapport à celle qui passe au travers. Or ceci sera vrai à chaque instant s'il en est ainsi pour un laps de temps quelconque. Lorsque la lame d'eau passe de la températuae u_1 à la température u_2, la chaleur perdue est P $(u_1 - u_2)$, P étant le poids de l'eau ; durant le même temps la lame passe de l'état où sa face antérieure est à la température u_1, à l'état où cette température est

devenue u_2. Puisque la face postérieure est à 0°, la quantité de chaleur perdue par la plaque est la même, à très-peu près, que si toutes les tranches avaient passé de la température $\frac{u_1}{2}$ à la température $\frac{u_2}{2}$; cette quantité est donc :

$$p\left(\frac{u_1-u_2}{2}\right)$$

où p est le poids de la lame de verre réduit en eau, la lame de verre a la même section que celle d'eau ; les épaisseurs sont : 5,1 et 10.

Le poids spécifique du verre est 2,4
sa chaleur spécique . . . . 0,17.

On a ainsi, pour le rapport des quantités de chaleur perdues dans le même temps :

$$\frac{p}{2P} = 0,1$$

c'est à-dire qu'il passe au travers de la lame dix fois plus de chaleur qu'il ne s'en dégage.

Cela étant, si l'on veut connaître la quantité de chaleur qui a traversé la plaque entre l'instant t_1 et l'instant t_2 il faut intégrer l'expression :

$$\frac{KS}{e}(u_t-u_0)\ dt$$

et comme $Uo=o$ cette intégrale se réduit à :

$$\frac{KS}{e}\int_{t'_1}^{t_2} u_t\ dt$$

D'un autre côté si u_1 et u_2, sont les températures de

la lame d'eau correspondantes aux instants t_1 et t_2, cette même quantité de chaleur est égale à :

$$P\,(u_1-u_2)$$

et l'on a ainsi, en désignant l'intégrale ci-dessus par A :

$$K=\frac{Pe}{S}\,\frac{u_1-u_2}{A}$$

Expériences.

N° 8.

Température de la lame d'eau. u_t	*Valeur de* t. t
	m
12	0,25
9,5	1,17
8,0	2,0
6,5	3,5
5,5	5,08
4,3	7,08
3,5	9,75

Température de l'air au commencement. 7,5.
Id. Id. à la fin.......... 8.

N° 9.

Température de la lame d'eau. u_t	*Valeur de* t. t
	m
13,5	0,75
11	1,66
9,5	2,60
8	3,92
7	5,16
6	6,5
4,9	8 66
4	11,33

Température de l'air au commencement 8.

Id. Id. à la fin.......... 8.

Les courbes ont été tracées (fig. 2) et l'intégrale est, comme on le voit, l'aire comprise entre l'axe des *t* et la courbe.

Dans ce qui precéde, on a supposé que la lame d'eau n'est refroidie que par la glace; cette hypothèse doit se vérifier si l'on a soin de prendre une portion de la courbe qui passe par la température de l'air ambiant, de façon que la chaleur enlevée pendant la première partie du temps soit restituée pendant la seconde. Si l'on prend une portion de l'aire comprise entre des ordonnées à égale distance de l'ordonnée qui correspond à la température de l'air, la quantité de chaleur enlevée par le rayonnement sera plus grande que la chaleur reçue, ce qui résulte évidemment de la forme de la courbe. Si, au contraire, on limite l'aire par des ordonnées correspondant à des accroissements égaux de température de part et d'autre de la température moyenne, ce sera l'inverse qui aura lieu; la moyenne des deux valeurs ainsi trouvées sera donc le plus près possible du résultat vrai.

L'aire a été calculée en la divisant en un certain nombre de trapèzes. Sur les courbes tracées, l'unité de température est $^1/_{10}$ de degré et l'unité de temps, $^1/_{10}$ de minute.

Expérience n° 8.

a) Ordonnées équidistantes.

$$A = 3145 \qquad u_1 - u_2 = 55$$

$$\frac{u_1 - u_2}{A} = 0{,}017.$$

b) Températures équidistantes.

$$A = 2795 \qquad u_1 - u_2 = 40$$

$$\frac{u_1 - u_2 =}{A} = 0{,}014.$$

Expérience n° 9.

a) Ordonnées équidistantes.

$$A = 3272 \qquad u_1 - u_2 = 41{,}5$$

$$\frac{u_1 - u_2}{A} = 0{,}012.$$

b) Températures équidistantes.

$$A = 2840 \qquad u_1 - u_2 = 40$$

$$\frac{u_1 - u_2}{A} = 0{,}014.$$

La moyenne de ces quatre valeurs est 0,014.

Dans les deux expériences, les hauteurs de la lame d'eau et de la glace étaient égales à 65^{mm}.

Il faut observer que $P = V = SE$.

V, S, E étant le volume, la section, l'épaisseur de la lame d'eau. On a donc :

$$K = Ee \times 0{,}014$$

La valeur de E est la somme de l'épaisseur de la lame d'eau égale à 10 et de celle de la plaque de verre L réduite en eau, égale à 2.

$$E = 12^{mm}$$
$$e = 4{,}6^{mm}$$
$$K = 0{,}76.$$

Il est aisé de voir que les unités employées sont telles que l'unité de chaleur est la calorie et que le coefficient K est la quantité de chaleur qui passe pendant $^1/_{10}$

de minute au travers d'une lame de 1 mètre carré de surface et de 1^{mm} d'épaisseur, dont les deux surfaces sont à des températures différentes de 1°. Pour réduire le temps en seconde, il suffit de diviser la valeur ci-dessus par 6 et on trouve ainsi :

$$K = 0,13$$

d'où résulte pour la glace la valeur :

$$0,23.$$

Pour la porcelaine, d'après les expériences de M. Péclet sur le plomb, et celles de Desprez sur les substances peu conductrices, on trouve :

$$0,24$$

Application à la formation de la glace.

Après qu'il s'est formé une première couche de glace sur une surface d'eau, si la température de l'air se maintient au-dessous de 0°, l'épaisseur de la couche gelée augmente d'une manière continue. On peut se proposer de chercher quelles sont les conditions de cette augmentation.

Au moment où la superficie commence à se solidifier, la couche inférieure de la nappe d'eau dont il s'agit se trouve en général à la température de 4° et la température va en diminuant dans les couches successives, jusqu'à celle qui est en contact avec la glace et dont la température est 0°. Je suppose que la surface de la nappe considérée est assez grande par rapport à sa profondeur, pour qu'il n'y ait pas lieu d'avoir égard à l'influence des parois verticales qui la limitent. Dans ces conditions le flux de chaleur est normal à la surface de la glace, et

la quantité de chaleur qui traverse la surface de séparation de la glace et de l'eau, est la somme : 1° de la chaleur dégagée par la solidification de l'eau ; 2° de la chaleur qui provient du refroidissement des couches inférieures de la nappe ; 3° de la chapeur provenant du sol. Pour traiter la question d'une manière complète, il faudrait connaître la valeur de la conductibilité de l'eau, et tenir compte de la température et du flux de chaleur dans le sol, au-dessous de la nappe d'eau ; toutefois les considérations suivantes permettent de se rendre compte des conditions du phénomène.

Lorsque la nappe d'eau se refroidit avant de se geler, l'eau parvenue à son maximum de densité descend et vient en contact avec le sol. Mais le sol lui-même cède de la chaleur en se refroidissant et il s'y établit un flux de chaleur qui va en diminuant à mesure que la température s'abaisse dans les couches successives. Après que la masse entière de l'eau a passé par la température de 4°, le refroidissement ne provoque plus de mouvements, et un flux de chaleur régulier s'y établit. Or, dans ces conditions, la surface de séparation de la glace et de l'eau, reçoit une quantité de chaleur déterminée par le flux au travers de l'eau et perd une quantité de chaleur déterminée par le flux au travers de la glace. Soit parce que la hauteur de la couche d'eau, dont les deux bases sont à 0° et au plus à 4°, peut être supposée considérable, soit parce que la conductibilité de l'eau est très-petite par rapport à celle de la glace ; j'admettrai que la première de ces quantités de chaleur est négligeable par rapport à la seconde, ce qui revient à admettre l'égalité entre la chaleur qui traverse la glace et celle qui est dégagée par la solidification de l'eau. Enfin,

à mesure que la couche de glace s'épaissit, les températures des couches successives doivent varier un peu, mais la quantité de chaleur dégagée par cette variation, pour une augmentation d'épaisseur donnée, est très-petite par rapport à celle qui est dégagée par la solidification de la masse d'eau dont résulte cette augmentation.

Le flux de chaleur à travers la glace est à chaque instant déterminé par l'épaisseur de la couche déjà formée et par la température de la surface supérieure, la température de la surface inférieure étant constamment 0°. La température de la surface supérieure que je désigne par u dépend elle-même de la température de l'air et des circonstances atmosphériques, qui provoquent une déperdition plus ou moins rapide de la chaleur. Pour évaluer ces divers éléments, je désigne par u_1 la température que marquerait un thermomètre dont le réservoir serait entouré de glace; la quantité de chaleur enlevée dans l'unité de temps à l'unité de surface de la couche supérieure aura pour expression $h\,(u_1 - u)$[1], h étant un coefficient dont la valeur pourra varier entre de certaines limites suivant les circonstances atmosphériques.

Cela posé, pour exprimer u, remarquons que cette température doit être telle que la quantité ci-dessus soit égale au flux de chaleur à travers la couche de glace d'épaisseur x, c'est-à-dire à $\frac{\mathrm{K}u}{x}$; on a donc :

$$h\,(u_1 - u) = \frac{\mathrm{K}u}{x}$$

[1] La chaleur perdue par la surface de glace est une fonction de la température de cette surface, et cette fonction est nulle pour $u = u_1$; en développant cette fonction suivant les puissances de $u_1 - u$, on a donc pour premier terme $h\,(u_1 - u.)$

d'où

$$u = \frac{h u_1 x}{K + hx}$$

Établissons maintenant l'équation de condition entre la chaleur dégagée par la solidification de l'eau et la chaleur qui sort. La chaleur qui traverse une tranche de la couche pendant l'élément de temps dt est :

$$\frac{K u d t}{x}$$

D'ailleurs, si $d x$ est la quantité dont x augmente dans l'élément de temps, la chaleur dégagée par la solidification de cette couche d'eau est :

$$l d x$$

où l est la chaleur latente de fusion de la glace, on a donc :

$$\frac{K u d t}{x} = l d x$$

et en remplaçant u par sa valeur, on trouve l'équation différentielle :

$$d t = \frac{l}{u_1}\left(\frac{d x}{h} + \frac{x d x}{K}\right)$$

dont l'intégrale est :

$$t = \frac{l}{u_1}\left(\frac{x}{h} + \frac{x^2}{2K}\right) (1)$$

avec la condition que pour $t=o$, $x=o$.

Quelle que soit la valeur de h, cette expression fait voir qu'on peut distinguer dans la formation de la glace trois périodes différentes. Durant la première période, x

étant très-petit, le terme du premier degré détermine la variation, et l'on peut écrire :

$$x = \frac{h\,u_1\,t}{t} \quad (2)$$

c'est-à-dire que l'épaisseur croît proportionnellement au temps.

Durant la deuxième période, lorsque x a pris une certaine valeur, les termes du premier et du deuxième degré sont du même ordre, et la variation est donnée par l'équation entière.

Durant la troisième et dernière période, x a pris une valeur assez grande pour que le terme du premier degré disparaisse par rapport à celui du deuxième, et l'équation peut se mettre sous la forme :

$$x = \sqrt{\frac{2\,K\,u_1\,t}{l}} \quad (3)$$

dans laquelle h n'entre plus.

Ce que l'on sait en général de la formation de la glace dans notre climat permettait déjà de penser que, au bout d'un ou deux jours de gelée, l'augmentation de l'épaisseur de la couche entre dans la seconde des périodes que j'ai distinguées. En effet, on sait vaguement qu'au bout de quelques jours, l'épaisseur ne s'accroît plus beaucoup. Les données peu nombreuses, il est vrai, que j'ai pu recueillir jusqu'à présent, confirment, comme on va le voir, les considérations qui précèdent.

Ces données sont, d'une part, des observations déjà anciennes, et de l'autre des mesures que j'ai faites moi-même.

Observations de Flaugergues[1]. Flaugergues avait eu l'idée d'évaluer le froid des époques de gelée, en mesurant la quantité de glace qui se formait dans un instrument spécial auquel il avait donné le nom de *kruomètre*; « la quantité d'eau glacée, dit-il, est l'intégrale des congélations infiniment petites qui sont faites à chaque instant dans le vase, et qui sont proportionnelles (autant que nous pouvons en juger), au degré de froid qui avait lieu à l'instant de chaque congélation particulière. » On voit que Flaugergues ne tenait pas compte de l'épaisseur de la couche déjà formée à l'instant de chaque congélation particulière. En outre le vase qu'il avait adopté, et qui était un cône droit en métal, n'était pas propre à fournir des indications simples, soit parce que les surfaces d'égale température y ont une forme compliquée, soit parce que le pouvoir émissif de la surface métallique et celui de la surface circulaire libre de glace entrent tous deux comme éléments dans l'évaluation de la quantité de la glace formée. Le meilleur *kruomètre* serait un bocal en verre cylindrique placé dans une seille en bois, remplie de sciure de bois, de façon à ce que le refroidissement n'eût lieu que par la surface supérieure de l'eau.

Indépendamment de ses expériences kruométriques, Flaugergues rapporte, dans ce même mémoire, des observations qu'il a faites sur le degré de profondeur où la gelée est parvenue dans le sol à Viviers, pendant certains hivers rigoureux. « La terre, dit-il, a toujours été creusée dans le même endroit, c'est-à-dire, dans une planche du jardin, à côté de l'observatoire, laquelle a

[1] Sur un moyen très-simple pour déterminer l'intensité de la gelée et du froid, par H. Flaugergues (*Journal de Physique*, 1820, t. XC, p. 150.)

été régulièrement bêchée et hersée au commencement de l'automne. » Voici le tableau de ces observations :

Années	*Nombre de jours de gelée.*	*Epaisseur de la couche de la terre gelée.*	
		pieds	lignes
1766	32	16	6
1767	13	9	6
1765	8	9	0
1776	7	8	10
1778	11	9	0
1779	21	14	6
1782	14	10	6
1784	21	11	0
1789	33	21	3

Le tableau contient en outre une colonne donnant le maximum de froid dans chaque époque, mais cette indication ne suffit pas pour qu'on puisse évaluer la moyenne de la température. Toutefois, comme le tableau renferme plusieurs époques de durées analogues, on peut prendre des moyennes.

J'ai pris la moyenne des observations de

66 et 89
79 et 84
82, 67 et 78
68 et 76

et j'ai obtenu ainsi le tableau suivant. Dans la colonne des épaisseurs calculées, sont les résultats que l'on obtient par l'équation

$$x = \sqrt{9,2\,t}$$

Nombre de jours de gelée.	*Epaisseur de la couche gelée*			
Valeur de t.	*observée.*		*calculée.*	
	p.	lig.	p.	lig.
32,5	18	9	17	2
21,0	12	7	13	9
12,6	9	7	10	8
7,5	8	9	8	3

Ce tableau fait voir que les épaisseurs varient proportionnellement à la racine carrée des temps, ce qui doit avoir lieu aussi bien pour de la terre humide gelée que pour de la glace [1].

Mesures d'épaisseur d'une couche de glace.

La première moitié du mois de janvier 1864 aurait été trés-propre à des observations régulières, dans le but de vérifier l'équation (1). Il a gelé à Genève d'une manière continue du 2 au 20 janvier, et il a régné presque constamment. un brouillard assez épais pour rendre négligeable l'action calorifique des rayons solaires. Il faut remarquer, en effet, que la température u_1 de l'équation (1) est celle que marquerait un thermomètre en glace exposé au soleil, et qu'en outre on devrait tenir

[1] L'épaisseur d'une couche de glace varie avec la durée de la période de froid de la même manière que la profondeur, à laquelle une variation cesse d'être perceptible, varie avec la période qui provoque cette variation ; cette profondeur varie en effet, comme Fourier l'a montré, proportionnellement à la racine carrée de la durée. Il est possible que l'épaisseur de la couche de terre gelée soit en partie un effet de cet ordre de phénomènes.

compte, pendant les jours découverts, de la profondeur à laquelle pénètre dans la glace l'absorption calorifique.

Les expériences qui sont rapportées dans ce mémoire, ont été terminées trop tard pour qu'il m'ait été possible d'obtenir des vérifications suffisamment nombreuses et précises. En premier lieu, aucune observation n'a été faite sur la température marquée par un thermomètre recouvert de glace. En second lieu, les mesures d'épaisseur se réduisent aux suivantes : j'ai mesuré, le 20 janvier, les épaisseurs de trois couches différentes de glace, formées successivement et simul-tanément sur un petit étang situé près de Genève, au milieu des champs, et dans lequel la profondeur de l'eau est de 70^{cm} environ.

a. Glace enlevée dans la journée du 6, épaisseur 100^{mm}.

b. Glace formée à partir du 7 et mesurée le 20, épaisseur 143^{mm}.

c. Glace formée depuis le commencement de la gelée et mesurée le 20, épaisseur 170^{mm}.

Calcul de ces données.

Les observations enregistrées à l'observatoire de Genève font voir que la période de froid a commencé dans la nuit du 1er au 2 janvier par un abaissement rapide de la température à plusieurs degrés au-dessous de 0°. Comme l'étang dont il s'agit est peu profond, on peut admettre que la glace a commencé à se former dans cette même nuit, et pour fixer les idées, je suppose que c'est à minuit. D'un autre côté, l'heure à laquelle la glace a été prise le 6 n'est pas déterminée et je suppose que c'est à midi, heure à laquelle les observations du 20 ont été faites. C'est sur la même partie de la surface de l'é-

tang, où l'on a pris de la glace le 6 et le 7, que s'est reformée une des couches mesurées le 20; l'autre s'était formée depuis le commencement de la gelée sur une partie de l'étang que l'on n'avait pas touchée. Ainsi les durées de formation sont :

Pour la couche *a* :

$$12^h + 4 \times 24^h = 108^h$$

Pour la couche *b* :

$$12^h + 12 \times 24^h = 300^h$$

Pour la couche *c* :

$$12^h + 18 \times 24^h = 443^h$$

Températures. Faute d'observations sur la température d'un thermomètre découvert et glacé, j'ai pris pour u_1 la température donnée par les tableaux de l'observatoire, et comme température moyenne des 24 heures, la moyenne du maximum et du minimum. On trouve ainsi que la température moyenne durant la période du 2 au 6 est notablement plus basse que la température moyenne du 6 au 20; la première est — 7,2 et la seconde — 5,2. On peut donc établir deux périodes correspondantes pour la formation de la glace.

Calcul de x par l'équation (3).

J'ai d'abord cherché jusqu'à quel point les résultats fournis par l'équation (3), concordaient avec les données ci-dessus. Dans cette équation qui est :

$$x = \sqrt{\frac{2 K u_1 t}{l}}$$

il faut faire $k = 0,23$ et $l = 79$; puis, pour réduire l'unité de temps en heures, il faut multiplier l'expression sous le radical par 3,600 ; on obtient ainsi les résultats suivants :

Valeur de la température u_1	Valeur du temps t.	Épaisseur observée	Épaisseur calculée
7,2	108ʰ	100ᵐᵐ	125ᵐᵐ
5,2	300ʰ	143ᵐᵐ	170ᵐᵐ

Pour calculer l'épaisseur de la couche *c*, il faut déterminer la constante d'intégration par la condition que pour $t = o$, $x = x_0$, afin de tenir compte des deux périodes successives, et l'on a ainsi :

$$x = \sqrt{\frac{2\,K u_1\,t}{l} + x_0}$$

en faisant $x_0 = 100$, $u_1 = 5,2$, $t = 300$, on trouve pour la couche *c*.

Épaisseur observée.	Épaisseur calculée
170	200

Ces premiers résultats font voir que le terme en *h*, bien que petit par rapport au terme en *k*, n'est pas négligeable.

Calcul de x par l'équation (1).

Cette équation est .

$$t = \frac{l}{u_1}\left\{\frac{x}{h} + \frac{x^2}{2\,K}\right\}$$

et renferme l'inconnue h. En résolvant par rapport à h on trouve :

$$h = \frac{2\,K\,l\,x}{2\,K\,u_1\,t - l\,x^2}$$

En introduisant dans cette équation les données relatives à la couche a, on trouve :

$$h = 0{,}0079$$

et pour la couche b :

$$h = 0{,}0058$$

durant la première période, h était donc plus grand que durant la seconde, ce qui est conforme à ce qu'on pouvait penser, parce que, pendant les premiers jours de gelée, il a régné un vent du nord très-fort.

Pour qu'on juge de la valeur relative des termes en h et des termes en K dans l'expression de x pour les durées a et b, voici les valeurs de ces termes. L'équation (1) résolue par rapport à x est :

$$x = -\frac{K}{h} + \sqrt{\frac{K^2}{h^2} + \frac{2\,K\,u_1\,t}{l}}$$

On a ainsi pour la couche a :

$$x = -27{,}0 + \sqrt{776 + 15590} = -27{,}0 + 127{,}0 = 100$$

pour la couche b :

$$x = -37{,}0 + \sqrt{1410 + 31300} = -37{,}0 + 181{,}0 = 144$$

Enfin, étant donnée la valeur x_0 au 6 janvier et la

valeur de h pour la seconde période, on peut calculer l'épaisseur de c par l'équation

$$x = -\frac{k}{h} + \sqrt{\frac{K}{h^2} + \frac{2\,K\,u_1\,t}{l} + x_0^2 + \frac{2\,K\,x_0}{h}}$$

obtenue en déterminant la constante d'intégration par la condition que pour $t = o$ $x = x_0$; on trouve $x = 187$, au lieu de 170.

Ces divers résultats paraissent montrer que l'équation (1) permettra de calculer avec exactitude l'épaisseur d'une couche de glace, lorsqu'on aura pu observer d'une manière régulière les éléments du calcul. Il faut remarquer, en outre, que les observations d'épaisseur devront se faire sur un étang de profondeur assez constante et d'étendue assez grande pour qu'on soit certain que les divers points où l'on mesure la couche, sont exactement dans les mêmes conditions, ce qui n'était pas suffisamment le cas pour les mesures que j'ai faites le 20 janvier.

Sur les glaces polaires. — Il pourrait y avoir de l'intérêt, dans certains cas, à se servir de l'équation (3) pour déterminer t en fonction de x qui serait connu. Ainsi, on peut se proposer de calculer combien il a fallu de temps pour déterminer la formation des bancs de glace polaire dont on observe l'épaisseur. Les éléments numériques du problème sont, il est vrai, mal connus, savoir : la valeur moyenne de u_1 et aussi la quantité de chaleur solaire absorbée par la glace pendant l'époque où le soleil est au-dessus de l'horizon. Cette action solaire détermine sans doute la limite que l'épaisseur de la couche de glace ne peut pas dépasser, parce que,

à partir de cette épaisseur, l'augmentation annuelle est compensée par la diminution. On ne peut donc chercher à évaluer qu'une durée minima, et pour cela on donnera à u_1 une valeur considérable et on ne tiendra pas compte de l'action solaire.

L'équation (3) se met sous la forme :

$$t = \frac{l}{2 K u_1} x^2 ;$$

en faisant $u_1 = 40$, et en prenant pour unité de temps l'année et pour unité d'épaisseur le mètre, on a :

$$t = 1{,}42 \times x^2$$

On trouve ainsi :

Épaisseur de glace x.	*Durée de la formation* t.
1m	1an,42
10m	142ans
100m	14,200ans
200m	56,800ans

Il résulte des observations des explorateurs dans les régions polaires, qu'on trouve des bancs de glace d'une grande étendue dont l'épaisseur dépasse 100m. Scoresby[1] en a observés dans le détroit de Davis qui avaient 10 à 12 kilomètres carrés, et dont la surface plane s'élevait de 15 à 30m au-dessus de l'eau, ce qui implique une épaisseur totale de 200m.

Ces considérations supposent que le banc de glace dont il s'agit, ne s'est accru que par sa partie infé-

[1] *Traité de physique de Daguin*, tome II, page 586.

rieure, et il est probable que l'accumulation de la neige sur la surface supérieure des glaces contribue aussi à l'augmentation de leur épaisseur. Peut-être serait-il possible de déterminer, par la différence de structure, la limite entre ces deux modes de formation.

SUR LA DIFFÉRENCE

ENTRE

L'OXYGÈNE ACTIF ET L'OXYGÈNE ORDINAIRE

PAR

M. LE PROF. R. CLAUSIUS.

(Mémoire lu le 19 octobre 1863 à la Soc. d'Hist. nat. de Zurich et imprimé dans le 8e vol. du journal trimestriel de cette Société.)

Dans un mémoire *sur la nature de l'ozone* (imprimé en 1858)[1], l'auteur a donné de cette modification de l'oxygène une explication qui s'accordait avec les vues qu'il venait de publier sur l'état intérieur des corps et spécialement des gaz. L'antagonisme de l'ozone et de l'antozone n'avait pas encore été trouvé. On savait seulement qu'à l'aide de divers procédés on peut amener l'oxygène à un état d'activité dans lequel il oxyde plus énergiquement. A cette époque Schönbein découvrit aussi la désoxydation du peroxyde de plomb, et ce fut cette observation qui engagea M. Clausius à faire connaître ses opinions théoriques. Puis vinrent les travaux intéressants de F. Meissner, d'Andrews et Tait, de Babo et de M. Soret. Cet ensemble l'engage aujourd'hui à reprendre son premier travail, pour en maintenir les points fondamentaux et en modifier deux accessoires.

[1] Voyez *Archives*, 2e série, t. II, p. 150.

On se rappelle que, dans son mémoire *sur la nature du mouvement que nous appelons chaleur* [1], le professeur de Zurich est arrivé à la conclusion que dans l'oxygène ordinaire les atomes ne sont pas entièrement séparés, mais bien liés deux à deux pour constituer une molécule. Cette opinion coïncide presque avec celle que Gerhardt a énoncée dans son Traité de chimie organique. Il ajoutait que l'oxygène actif (nommé alors ozone sans distinction) consistait en atomes simples, répandus parmi les molécules ordinaires. Pour expliquer la production de l'ozone par le contact de l'air et du phosphore humide, il disait qu'un certain nombre de molécules d'oxygène devaient être décomposées en leurs deux atomes, dont l'un pouvait échapper à l'affinité du phosphore par suite du mouvement calorifique. Il se pourrait que l'union de deux atomes de même nature (d'oxygène, par exemple) fut due, comme pour ceux d'espèce différente, à leurs états électriques opposés. Dès lors, dans l'oxydation du phosphore, les atomes négatifs d'oxygène seraient utilisés de préférence à ceux qui, étant positifs, s'échapperaient à un état de plus ou moins complète liberté. — Or, ces vues ont été remarquablement confirmées par la découverte de l'antozone, distinct de l'ozone et qui, en s'unissant à lui, reconstitue l'oxygène ordinaire.

Mais, demandera-t-on, comment l'oxygène actif peut-il agir aussi bien comme corps oxydant et comme corps désoxydant? C'est que des atomes *dépareillés* peuvent se combiner plus aisément avec d'autres corps que ceux qui, étant déjà unis deux à deux, doivent préalablement

[1] *Pogg. Ann.*, t. C, p. 353.

être libérés de cette alliance pour en contracter une autre ; les premiers agiront donc comme oxydants avec plus d'énergie que les autres. Si l'on se représente un oxyde, et particulièrement un peroxyde (qui perde facilement tout ou partie de son oxygène), mis en contact avec un gaz où se trouvent des atomes d'oxygène qui tendent à s'unir avec leur second atome, alors l'oxyde sera réduit en même temps que l'oxygène actif se transformera en oxygène ordinaire.

Ce double effet d'oxydation et de désoxydation a conduit l'auteur à comparer l'oxygène actif, tel qu'il peut être contenu dans l'oxygène ordinaire, avec l'oxygène qui se trouve en faible combinaison dans certains peroxydes ou dans les oxydes des métaux nobles. En choisissant le peroxyde d'hydrogène comme exemple, il disait que ce corps possède une puissante faculté oxydante, parce qu'il abandonne aisément son second atome d'oxygène. Mais, si on le met en relation avec les oxydes des métaux nobles, ou avec certains peroxydes métalliques, il se produit une réduction réciproque. Il faut admettre ici que les atomes d'oxygène qui abandonnent le peroxyde d'hydrogène se réunissent avec ceux qui sont libérés des oxydes métalliques ou des peroxydes, pour se constituer en molécules.

Pourquoi les atomes d'oxygène contenus dans les oxydes ou les peroxydes et qui se dégagent facilement, ne se groupent-ils pas entre eux aussi aisément que se réunissent ceux d'un composé avec les atomes d'oxygène d'un autre composé? Parmi les motifs auxquels on peut recourir, il faut mettre en première ligne que les atomes d'oxygène de diverses combinaisons peuvent se trouver dans des états électriques différents, d'où résul-

terait une plus forte tendance à leur union de la première manière que de la seconde.

Dans les *Trans. philos.* de Londres pour 1850, Brodie a inséré un très-beau mémoire *sur la réduction réciproque de deux peroxydes.* Il admet que l'oxygène des deux combinaisons qui réagissent l'une sur l'autre possède des états chimiques différents. Il dit que l'oxygène y est *chimiquement polaire*, et distingue l'état polaire positif du négatif. Deux quantités d'oxygène qui se trouvent dans ces deux états cherchent à se combiner chimiquement, comme l'oxygène peut le faire avec l'hydrogène. Il n'explique pas en quoi consiste la diversité chimique des deux quantités d'oxygène, ni comment les molécules y sont constituées, et termine, au contraire, en déclarant que ce sont là des questions à résoudre. Il laisse percer la croyance que les substances regardées comme élémentaires sont composées de divers éléments inconnus, et dit : *On this view, the real fact which lay hid under these phenomena, might be the synthesis of the oxygen from the ultimate and further elements of which the oxygen consisted.*

L'explication de M. Clausius rapporte, au contraire, d'une manière précise les phénomènes à une constitution moléculaire simple, puisqu'elle part de l'hypothèse que les molécules de l'oxygène ordinaire sont à deux atomes, et que ceux-ci, devenus libres, ont une tendance à se réunir deux à deux pour reconstituer la molécule. S'il existe une opposition électrique entre deux atomes d'oxygène, elle contribue à leur combinaison ; mais en l'absence de cette opposition, la tendance à la combinaison préexiste, et celle-ci en s'effectuant détermine l'opposition. C'est ainsi qu'on explique pourquoi les atomes

d'oxygène d'une combinaison s'unissent plus volontiers avec ceux d'une autre combinaison qui sont dans un autre état électrique, tandis que, dans des circonstances favorables, comme l'élévation de la température, les atomes d'oxygène d'une même combinaison peuvent s'en séparer et se réunir moléculairement entre eux pour constituer un oxygène de même sorte que dans le premier cas. La manière de voir de Brodie, d'après laquelle les seules quantités d'oxygène qui cherchent à s'unir sont celles qui ont une polarité chimique opposée, n'explique point le cas précédent, et demeure plus indécise que celle de M. Clausius dans l'explication des autres phénomènes.

En résumé, on peut formuler sous les deux lois suivantes l'opinion soutenue par notre compatriote dans son premier mémoire, que les découvertes récentes ont corroborée :

1° *L'oxygène ordinaire consiste en atomes unis deux à deux, l'oxygène actif en atomes désunis.*

2° *Les deux atomes qui constituent une molécule d'oxygène ordinaire se trouvent dans des états électriques opposés.*

Passons enfin aux points sur lesquels il croit devoir modifier ses vues antérieures.

A cette époque on ignorait qu'outre l'ozone il y eût une autre sorte d'oxygène actif. On ne savait pas davantage qu'entre l'ozone et l'oxygène qui existe dans diverses combinaisons se montre une différence de même ordre qu'entre deux électricités de même nom ou de nom contraire. M. Clausius croyait donc pouvoir considérer comme un fait qu'une telle différence n'existe point. Mais d'une part son opinion sur l'état de la molécule

d'oxygène ordinaire lui faisait présupposer qu'au moment de leur séparation les atomes d'une molécule possèdent des électricités contraires ; d'autre part, comme il pensait démontrer que l'oxygène actif, résultant de cette séparation, ne possède aucune propriété révélée par l'expérience qui corresponde à cette opposition électrique, il admit que l'état électro-positif ou électro-négatif possédé par les atomes au moment de leur séparation se perd plus tard, en telle sorte qu'ils deviennent neutres. Mais ce n'était là qu'une opinion complémentaire invoquée par motif de nécessité, et qu'on peut abandonner maintenant sans que l'idée fondamentale de l'explication en soit affectée.

Il y a en chimie un grand nombre de cas dans lesquels une quantité donnée d'oxygène se combine entièrement avec une autre substance : tous les atomes de cet oxygène y sont contenus de la même manière et ont le même état électrique qui, le plus souvent, est électro-négatif. Si maintenant, d'après la supposition précédente, l'oxygène est formé, avant toute combinaison, pour moitié d'atomes positifs et pour l'autre moitié d'atomes négatifs, il faut que dans l'acte de la combinaison l'une de ces moitiés change son état électrique. Réciproquement, il y a des cas où de l'oxygène est séparé d'une combinaison et où, au moment de cette séparation, il est naturel de supposer que tous les atomes ont le même état électrique, tandis que plus tard, après que l'oxygène devenu libre s'est transformé dans son état ordinaire, les atomes sont, d'après la supposition, les uns positifs et les autres négatifs. Il ne faut donc pas imaginer qu'il y ait deux sortes d'atomes d'oxygène, les uns invariablement électro-positifs et les autres invariablement électro-

négatifs, mais au contraire accorder la possibilité du passage de l'un de ces états dans l'autre.

On exprime en même temps la possibilité que les atomes se trouvent, au moins momentanément, dans des états intermédiaires, et entre autres qu'ils puissent être non électriques. On ne peut point décider encore si les passages s'effectuent subitement, ou bien si les états intermédiaires ont une durée plus ou moins considérable et peuvent en tout temps passer de l'un à l'autre.

Les découvertes récentes de Schönbein montrent que les atomes actifs qui constituent l'ozone sont électro-négatifs, et conservent invariablement cet état électrique aussi longtemps que l'ozone se conserve lui-même. Quant à la nature et à la durée de l'état électrique de l'antozone, les expériences ne permettent point encore d'en décider avec certitude.

Le second point que M. Clausius modifie est relatif au changement de volume qu'éprouve l'oxygène quand une portion de sa masse devient active ou inversement. Dans le mémoire déjà cité *sur la forme du mouvement que nous nommons chaleur*, il a ramené tous les rapports de volume des corps gazeux à cette loi unique qu'à égalité de température les molécules de tous les gaz possèdent la même force vive, quant à leur mouvement de propagation. Si cette loi est exacte, tous les gaz doivent présenter le même nombre de molécules dans des espaces égaux, à pression et à températures égales. Si l'on considère une quantité donnée d'oxygène ordinaire, les atomes y sont groupés par paires. Si, par l'excitation de cet oxygène, un certain nombre de molécules sont décomposées dans leurs atomes, on doit se demander comment se comportent ces atomes à l'état de séparation, s'ils y persistent et

accomplissent leur mouvement pour eux-mêmes, chacun d'eux jouant le rôle d'une molécule dans le gaz, ou bien s'ils entrent dans quelque nouvel arrangement ?

L'auteur avait, dans sa première explication, admis que les atomes une fois séparés demeurent tels, en sorte que dans l'oxygène actif il y aurait plus de molécules que dans la même quantité d'oxygène ordinaire, d'où il avait conclu que le premier occupait un plus grand volume que le second. Il est vrai qu'à cette époque déjà les recherches d'Andrews et Tait sur la densité de l'ozone avaient infirmé cette supposition, en montrant que l'oxygène qui renferme de l'ozone augmente de volume quand cet ozone se change en oxygène ordinaire. Mais ces recherches étaient alors si isolées et lui parurent à cause de leurs difficultés présenter tant de causes d'erreur possibles, que sans mettre en doute l'habileté et le soin des deux physiciens, il ne s'était pas cru engagé à changer ses opinions.

Depuis lors les deux mêmes expérimentateurs ont continué leurs recherches, auxquelles sont venues s'ajouter celles de MM. Babo et Soret. Il en est résulté la confirmation de ce fait que l'oxygène ozoné présente un volume moindre que lorsqu'il a été ramené à l'état ordinaire, et que la différence des deux volumes est exactement le même que si la portion d'oxygène qui se présente à l'état d'ozone n'existait pas du tout.

Comment donc faire concorder l'idée que l'oxygène actif se distingue de l'ordinaire en ce qu'il est formé d'atomes séparés, avec l'observation relative au volume ? Il faut regarder comme démontré par ces expériences que les atomes dépareillés (ou l'ozone) ne demeurent point isolés pour former des molécules, mais qu'ils s'al-

lient aux molécules de l'oxygène ordinaire environnant, pour constituer avec elles des molécules plus compliquées. En outre, il faut supposer que celles-ci ne sont point formées de plusieurs paires d'atomes, comme si plusieurs molécules d'oxygène ordinaire s'étaient liées ensemble, mais que les atomes qui forment l'oxygène actif sont contenus dans les molécules comme atomes dépareillés. Le cas le plus simple de cette espèce est celui dans lequel chacune des molécules plus complexes est formée d'une paire d'atomes, plus d'un atome actif qui leur est lié ; mais si plusieurs atomes actifs devaient s'y rencontrer, il faudrait que leurs positions fussent telles que, sans s'appareiller deux à deux, ils adhérassent à la molécule comme atomes élémentaires et pussent s'en séparer à cet état. Il faut en outre, pour expliquer la puissante action oxydante de l'oxygène actif, admettre qu'il est plus facile de séparer des molécules ces atomes dépareillés que de séparer l'un de l'autre deux atomes unis en un couple, et que, en comparaison de la force avec laquelle deux atomes appareillés se maintiennent réciproquement, les atomes isolés ne sont que faiblement unis.

Le second changement introduit par M. Clausius dans sa précédente explication, consiste à ne plus considérer les atomes dépareillés comme entièrement libres, mais à dire qu'ils peuvent être ou libres ou *faiblement liés.*

Pareille différence importe peu au point de vue chimique, et l'auteur l'avait déjà eue en vue lorsqu'il comparait l'oxygène actif contenu dans l'oxygène pur avec celui qui est faiblement uni dans les peroxydes ou les oxydes des métaux nobles. L'expression de son opinion actuelle peut être formulée comme suit : *les mo-*

lécules de l'oxygène ordinaire sont diatomiques et contiennent un atome électro-positif et un atome électro-négatif. L'oxygène actif consiste en atomes dépareillés qui peuvent être libres ou faiblement liés, et qui sont l'ozone ou l'antozone, suivant leurs qualités électro-négatives ou électro-positives.

Tous les auteurs précités, qui ont trouvé que l'oxygène ozoné occupe un moindre volume que l'ordinaire, sont unanimes à admettre que les molécules doivent être dans le premier plus compliquées que dans l'autre ; c'est en effet une conséquence immédiate des observations, si on conserve la loi de la proportionnalité entre le volume d'un gaz et le nombre de ses molécules. Mais il y a diversité d'opinion sur la manière de se représenter la réunion des molécules.

Andrews et Tait s'appuient sur les expériences qu'ils ont faites sur des gaz composés, tels que les oxydes d'azote et de carbone. En y faisant éclater les mêmes décharges électriques que celles qui leur avaient servi à produire l'ozone dans l'oxygène, ils ont observé dans les deux cas une diminution de volume qu'ils ont expliquée en disant que les éléments des gaz composés ont été, par les décharges, libérés de leurs précédentes combinaisons et en ont contracté d'autres dans lesquelles ils occupent un moindre volume. Partant de là, ils supposent que l'oxygène n'est point, comme on l'avait admis jusqu'à présent, un corps simple, mais bien un corps chimiquement complexe dont les constituants peuvent s'unir de manières différentes. Mais cette explication diffère tellement des vues précédemment développées qu'elle ne devrait être admise qu'à l'exclusion de toute autre.

De Babo se rallie à une opinion déjà émise par Welt-

zien, savoir que l'oxygène ordinaire est formé d'atomes simples et l'ozone de molécules diatomiques, et il promet de développer ses motifs dans un futur mémoire. Mais M. Clausius repousse absolument cette opinion, parce que, indépendamment de l'ozone, la comparaison du volume de l'oxygène avec celui de ses combinaisons l'avait amené à croire que l'oxygène doit consister en molécules diatomiques, et ensuite qu'il ne peut concevoir comment les effets de l'ozone, et l'union de celui-ci avec l'antozone pour former l'oxygène ordinaire, peuvent s'expliquer dans la supposition que les molécules de l'oxygène sont monoatomiques.

M. Soret n'exprime aucune vue définie sur le mode de réunion des molécules. Il dit d'abord, comme un résultat des observations, que l'ozone doit avoir des molécules composées d'un plus grand nombre d'atomes que l'oxygène ordinaire; il ajoute que plusieurs chimistes et physiciens admettent que les molécules de l'oxygène ordinaire sont diatomiques, et affirme que dans cette hypothèse on doit accorder aux molécules d'ozone plus de deux atomes. Il examine ensuite, comme exemple, le cas le plus simple, celui d'une molécule formée de trois atomes, et termine en disant: « Il est clair que rien dans les faits connus ne prouve que l'ozone résulte du groupement de trois atomes plutôt que de quatre, cinq, etc.; pour déterminer ce nombre, il faudrait connaître la densité de ce corps. » Dans une note, il ajoute qu'il résulte des recherches de Ste-Claire Deville, Troost et de Bineau, que la densité de la vapeur de soufre dans le voisinage de son point d'ébullition est triple qu'à des températures très-élevées, et qu'il existe peut-être une analogie entre ces deux états du soufre et les deux états allotro-

piques de l'oxygène, auquel cas il faudrait supposer dans l'ozone une constitution moléculaire telle que sa densité l'emporterait de trois fois sur celle de l'oxygène. Aussi les molécules de l'ozone devraient-elles être à six atomes, si celles de l'oxygène sont diatomiques.

L'auteur pense que les considérations qu'il a présentées relativement à la complication moléculaire de l'oxygène actif offre des jalons, si ce n'est pour décider avec certitude sur la composition de ces molécules, du moins sur le degré de vraisemblance de leurs divers modes possibles d'agrégation. Considérons spécialement l'ozone, que ses propriétés chimiques et physiques démontrent être formé d'atomes électro-négatifs. Comme, d'après son explication, les atomes actifs sont à l'état dépareillé dans les molécules qui les contiennent, et que d'autre part ils doivent avoir des états électriques semblables, il est bien probable que chaque molécule ne renferme qu'un atome d'ozone et non plusieurs. Le cas indiqué comme exemple par M. Soret, où les molécules les plus complexes seraient formées de trois atomes lui paraît donc beaucoup plus probable que les cas où elles en contiendraient quatre, cinq, etc. L'autre cas considéré par M. Soret, où les molécules devraient contenir six atomes, ne peut être regardé que comme très-invraisemblable.

Quand on admet que dans l'ozone les atomes actifs se sont combinés avec les molécules de l'oxygène ordinaire pour former de nouvelles molécules plus compliquées, on explique plus facilement la conservation de l'ozone à de basses températures et l'état électro-négatif des atomes actifs, que dans la supposition où ceux-ci demeurent isolés. En effet, de même qu'en général dans les combinai-

sons chimiques, chaque atome possède un certain état électrique qui n'a rien d'arbitraire ni de variable, mais qui est relatif aux particularités de la combinaison, de même on peut supposer que les atomes d'oxygène groupés en une molécule se comportent de même, que les atomes actifs sont contenus dans les molécules parce qu'ils sont électro-négatifs, et qu'ils devront conserver cet état électrique aussi longtemps qu'ils demeureront dans cette combinaison.

Il n'est pas nécessaire pour cela que l'oxygène ozoné, pris dans son ensemble, accuse une tension électrique négative appréciable à l'électroscope. On peut, comme on le fait pour d'autres groupements chimiques de molécules, supposer que les états électriques de chaque atome d'une molécule sont entre eux dans de tels rapports que la molécule considérée dans sa totalité soit non-électrique, la somme algébrique des électricités positives et négatives libres étant égale à zéro.

Un mot sur l'antozone. Meissner déduit de ses observations qu'en excitant l'oxygène par l'induction électrique, il se produit, outre l'ozone, une autre substance qui se révèle par sa remarquable action sur la vapeur d'eau. Il croit être arrivé à la conviction que cette substance n'est autre que la modification de l'oxygène nommée antozone par Schönbein.

Le fait de la production simultanée de l'ozone et de l'antozone par l'induction, s'accorde parfaitement avec l'idée que chaque molécule de l'oxygène ordinaire est composée de deux atomes électrisés en sens contraires.

Au lieu de l'opinion de Meissner que les atomes acquièrent par l'influence électrique des états électriques opposés. M. Clausius préfère admettre la préexistence

d'opposition électrique entre les atomes de chaque molécule, opposition qui peut se corroborer par l'influence. Quant à la séparation des deux atomes, les deux physiciens s'accordent à l'expliquer par le fait qu'un corps électrisé exerce sur ceux-ci des forces de directions opposées.

Meissner a observé aussi qu'en excitant l'oxygène par d'autres moyens, on obtient des résultats semblables et spécialement la production d'antozone. Quand ce corps apparaît dans l'oxygène pur, comment s'y comporte-t-il? Meissner a trouvé que, même dans l'oxygène sec et froid, l'antozone est moins permanent que l'ozone; il ne demeure point comme celui-ci un temps indéterminé, mais disparaît peu à peu en se convertissant en oxygène ordinaire. On en peut conclure que, si les atomes électro-positifs d'oxygène se combinent avec les molécules de l'oxygène ordinaire, elles persistent moins dans ces combinaisons que les atomes électro-négatifs Malheureusement nous savons trop peu de chose sur les propriétés physiques de l'ozone antozoné pour pouvoir rien avancer de positif sur sa constitution moléculaire.

Les mêmes raisons nous empêchent de rien décider sur la question de savoir si les atomes d'antozone, au sein de l'oxygène pur, conservent leur état électro-positif d'une manière aussi invariable que dans leurs combinaisons chimiques avec d'autres corps, par exemple dans les peroxydes d'hydrogène ou de barium; ou bien si, dans certaines circonstances, ils perdent leur état électro-positif pour se rapprocher de l'état non-électrique. Cette question devra être traitée en connexion avec celle de savoir si les atomes d'antozone se combinent en molécules compliquées avec les molécules de l'oxygène ordinaire, comme le font celles de l'ozone.

Si, dans l'oxygène pur, il se trouve en même temps de l'ozone et de l'antozone, il est bien possible qu'il s'en suive une constitution moléculaire particulière, différente de celle où un seul de ces deux corps se présente. Il faut, en effet, remarquer que si une molécule originairement diatomique se combine avec un atome électro-négatif, elle acquiert par là même une tendance à se combiner ensuite avec un atome électro-positif, et qu'il en résulte des molécules à quatre atomes dans lesquelles il n'y a que deux atomes qui forment une paire. Les deux autres atomes peuvent se trouver dans des positions telles qu'ils n'arrivent point à se toucher et n'ont ainsi pas l'occasion de se constituer en une paire. En pareil cas, ceux-ci se trouveraient dans les conditions sus-indiquées pour l'oxygène actif, savoir : que chacun peut être séparé de la molécule comme atome elémentaire, et cela par une force moindre que celle que nécessite la séparation des atomes d'une paire. Peut-être peut-on expliquer ainsi l'observation de Meissner que l'autozone dans l'oxygène sec se conserve plus longtemps quand il est accompagné d'ozone que dans le cas contraire, circonstance qui, au premier coup d'œil, paraît ne pas coïncider avec la tendance de l'ozone et de l'antozone à se combiner pour reproduire l'oxygène ordinaire.

Le travail qui précède allait être livré à l'impression quand nous avons reçu de M. Clausius un post-scriptum que nous nous faisons un devoir de traduire intégralement :

« Au moment où j'écrivis le mémoire qu'on vient de lire, je ne connaissais le travail de M. Soret que par la note in-

sérée aux *Comptes Rendus* de l'Académie de Paris. Depuis lors, j'ai eu connaissance du mémoire entier, publié dans le tome 18 des *Archives* et dans le tome 3 des *Mémoires de la Société de Heidelberg*. J'y ai trouvé sur l'opinion de ce physicien des compléments qui ne sont pas sans importance.

« La remarque imprimée aux *Comptes Rendus* que, par analogie avec les deux modifications de la vapeur de soufre, l'ozone pourrait avoir une densité triple de celle de l'oxygène ordinaire, s'y trouve reproduite, mais avec l'addition suivante : « Toutefois jusqu'ici aucun fait à ma connaissance ne vient établir la probabilité de cette analogie. » — Dans une autre note qui manque aux *Comptes Rendus*, il est dit de l'hypothèse de Weltzien : « Cette manière de voir s'accorde avec les expériences qui font l'objet de ce mémoire, mais elle ne paraît pas expliquer pourquoi l'ozone est plus oxydant que l'oxygène. » — La constitution moléculaire alléguée comme exemple en quelques mots des *Comptes Rendus*, suivant laquelle une molécule consiste en trois atomes, est exposée ici d'une manière un peu plus détaillée, et j'y trouve des remarques qui me paraissent très-intéressantes.

« De ces divers points de son mémoire, je crois pouvoir conclure que M. Soret attache une plus grande importance à la constitution moléculaire qu'il avait choisie comme exemple, qu'on n'aurait pu le conclure de sa note abrégée, et qu'ainsi, entre les vues de cet habile physicien, qui s'est surtout distingué dans ses recherches sur les propriétés de l'ozone, et mes vues propres, il existe une concordance qui m'est très-agréable.

« A la fin de son mémoire, M. Soret s'explique lui-même sur le rapport qui règne entre son opinion et la théorie

que j'ai esquissée précédemment. Il déclare que l'on peut ajouter à mon hypothèse, suivant laquelle l'ozone est formé d'atomes élémentaires qui ne sont point réunis par paires, la supposition que ces atomes, à l'instant où ils deviennent libres, se combinent avec les molécules d'oxygène non décomposées, et cela sans que mon raisonnement soit ébranlé, en sorte que sa théorie concorde entièrement avec la mienne. »

REMARQUES SUR QUELQUES OBJECTIONS

ÉLEVÉES CONTRE

LA LOI DE PRODUCTION DES SEXES

PAR

M. THURY.

Le dernier cahier des *Archives* renferme une analyse de la théorie nouvelle de M. le prof. Pagenstecher sur les causes de la production des sexes. La rédaction ayant joint à ce travail un résumé des critiques opposées à ma théorie par M. le prof. Pagenstecher[1], qu'il me soit permis d'indiquer brièvement comment je répondrais aux objections de mon loyal et savant adversaire.

Ces objections peuvent être précisées comme il suit :

1re objection, Relative à l'influence de la femelle sur le sexe du produit.

Il résulte de l'ensemble des faits connus que chez les mammifères, abstraction faite des premières-naissances, les femelles jeunes et les femelles vieilles engendrent plus de mâles que celles qui ont atteint l'âge de leur plus grande force, et d'autant plus de mâles qu'elles sont plus vieilles, à partir de l'âge de leur plus grande force. (Girou, Morel de Vindé, Hofaker).

De même, chez les femelles fortes les produits féminins dominent, et les masculins chez les femelles faibles (Girou).

[1] *Zeitschr. f. wiss. Zool.*, 1863, t. XIII, p. 541, et *Ueber das Gesetz der Erzeugung der Geschlechter.* Leipzig, 1864, Wilhelm Engelmann.

On objecte que dans notre théorie de la maturation des ovules, c'est précisément le contraire qui devrait avoir lieu, car les femelles fortes, mûrissant davantage leurs œufs, devraient engendrer plus de mâles.

J'ai déjà fait observer (*Mémoire*, 2e édit., note III, §. 3) que deux causes agissent ici en sens inverse. La fécondation des œufs n'a lieu, comme on le sait, qu'après qu'ils se sont détachés de l'ovaire. Chez les femelles fortes, l'œuf, il est vrai, mûrit plus vite, mais aussi il se détache plus tôt, car la séparation de l'œuf résulte d'un afflux sanguin qui a lieu dans l'intérieur des vésicules de Graaf. Il se peut donc très-bien que cette seconde cause l'emporte sur la première et qu'ainsi, en définitive, les femelles fortes émettent des œufs un peu moins mûrs que ceux des femelles faibles.

Il est naturel de penser que l'œuf, première forme de l'être nouveau, se développe d'une manière plus indépendante des particularités de force et d'âge de la mère, que ce n'est le cas pour l'hémorragie qui survient dans l'intérieur des vésicules. S'il en est ainsi, les choses doivent bien se passer comme on l'observe.

Ce qui montre que notre explication est fondée, c'est que chez les plantes, où la séparation de l'œuf n'a pas lieu, le résultat est inverse de celui qu'offrent les animaux.

D'après les expériences de Girou sur le chanvre, *les plantes fortes sont celles qui donnent le plus de mâles.*

Sujets venus de plantes grêles	692 graines mâles	pr	1000	femelles
» provent de plantes fortes	907 »	»	» 1000	femelles

Il faut observer que ces résultats donnés par Girou (*Ann. sc. nat.* 1er sér. XVI, 141), sont d'autant plus authentiques, qu'ils ne s'accordent point avec la théorie de cet auteur.

2e objection, Relative à l'influence de l'âge du mâle sur le sexe du produit.

On a pensé dans tous les temps, d'Aristote à Girou de Buzareingues, que les mâles forts devaient engendrer plus de mâles, en faisant prédominer, par hérédité, l'influence masculine sur le sexe du produit. Selon ce principe, les mâles trop jeunes ou trop vieux doivent engendrer plus de femelles qu'ils ne le feraient dans l'âge de leur plus grande force.

Girou cite, à l'appui de cette opinion, l'observation suivante:

Chez le mouton, au commencement de la monte, alors que le bélier est dans sa pleine vigueur, le nombre des produits mâles l'emporte: vers le milieu du rut, lorsque le bélier est affaibli par des fécondations réitérées, les produits féminins sont plus nombreux, et vers la fin du rut, au moment où le bélier moins occupé commence à reprendre ses forces, les produits mâles deviennent plus nombreux (*Archives* XIX, p. 167).

Mais Hofaker pense que l'opinion commune sur l'influence du mâle n'est point fondée: suivant Hofaker, c'est au contraire dans l'âge de la plus grande force que les mâles engendrent le plus de femelles, et ils engendrent d'autant plus de mâles qu'ils sont plus âgés à partir du moment de leur plus grande force (par exemple, chez l'homme, le bouc, etc..)

On objecte que tous ces résultats sont difficilement conciliables avec notre théorie.

Il serait facile de répondre que des physiologistes habiles professant, relativement à l'influence de l'âge du père sur le sexe du produit, des opinions contradictoires

entre elles, il n'y a pas lieu, pour le moment, d'insister sur les faits de cet ordre.

Mais ce n'est pas avec une telle fin de non-recevoir que je veux répondre à mon savant contradicteur. J'admets avec lui que l'opinion de Hofaker, appuyée sur des faits positifs, est vraisemblablement fondée ; j'admets également avec lui que le sperme a, sur le développement de l'ovule, une influence complexe, dans laquelle on peut distinguer : 1° Une impulsion de développement et une action modificatrice du type, qui appartiennent au produit du testicule. 2° Une action nutritive, qui appartient vraisemblablement au produit des glandes de Cowper (Pagenstecher, *Ueber das Gesetz,* etc., pag. 31, et *Verhandlung des Naturhist.-medizin. Vereins zu Heidelberg*, I, pag. 195).

Maintenant je me demande si l'action « nutritive » du sperme sur l'ovule, ne précède pas son action « modificatrice du développement » puisque celle-ci ne doit avoir lieu qu'à partir du moment où les zoospermes ont pénétré dans l'intérieur de l'œuf. Il se pourrait donc fort bien que chez les mâles âgés, l'activité moins grande des zoospermes laissât plus de temps au produit des glandes accessoires pour achever la maturation de l'œuf, en augmentant ainsi les chances de production d'un embryon mâle.

Ainsi que nous l'avons observé (*Mémoire,* 2e édit. pag. 23), le mâle exerce encore « sur la production des sexes deux genres d'influences : Par ses rapports avec la femelle il modifie l'état organique de celle-ci ; mais surtout c'est le mâle, qui dans l'état normal des choses choisit le temps de l'accouplement. Le mâle est déterminé dans ce choix par des causes variées, individuelles ou générales, dont la résultante et les éléments constants

peuvent bien être constatés par l'observation directe, mais qui par leur nature échappent facilement à l'analyse. »

Nous avions ajouté : « La discussion des faits relatifs à l'influence du mâle, dans l'état libre des troupeaux, doit être ajournée jusqu'au moment où l'on pourra joindre aux observations anciennes la connaissance du moment précis de la période de rut, où dans chaque circonstance la fécondation s'effectue. »

Sur ce point, il me semble que l'opinion de M. Pagenstecher ne diffère pas beaucoup de la mienne : « Les tableaux statistiques, dit le savant allemand, pour servir aux discussions futures, devront recevoir, en vue de la découverte de M. Thury, une rubrique si essentiellement nouvelle, que nous devons laisser cela pour l'avenir. »

Cette dernière remarque serait applicable, *à fortiori*, à la question encore plus complexe de l'influence de l'âge relatif du père et de la mère. Là coexistent tous les facteurs relatifs à l'influence particulière de l'un et de l'autre sexe, et ceux qui résultent de l'action réciproque des premiers; le choix entre les explications possibles résultant de la combinaison de tous ces facteurs divers, ne reposerait, pour l'heure, sur aucune base solide. Cependant, si l'on nous demandait d'indiquer, à titre d'exemple, une explication possible, nous dirions qu'il suffirait d'admettre que l'œuf des jeunes femelles est relativement plus accessible à la substance nutritive du sperme, qu'il ne l'est aux spermatozoïdes, portant en eux-mêmes le principe du mouvement, et alanguis chez les vieux mâles.

Ajoutons que, en somme, les grandes différences d'âges, correspondent à plus de cas de mâles âgés. Or, d'après les tables de Hofaker, l'influence d'un mâle pour amener un individu de son sexe, croît avec l'âge beau-

coup plus rapidement que l'influence correspondante, en sens inverse, de la femelle, d'où il résulte que le nombre des produits mâles doit nécessairement croître avec la différence des âges.

3me *objection, Relative à la ponte chez les ovipares.*

Dans le résumé historique de la marche de nos idées sur la loi de production des sexes, nous avions dit, relativement à la ponte chez les ovipares:

1° Que, *toutes choses égales d'ailleurs*, le développement le plus achevé doit se rencontrer chez les œufs les plus âgés (*Mémoire*, p. 8).

2° Que les derniers œufs de chaque ponte sont *vraisemblablement* ceux qui ont eu le plus de temps pour mûrir.

On objecte, sur le premier point, que les œufs les plus âgés ne sont pas nécessairement les plus mûrs.

Nous le savions bien, et nous l'avions dit implicitement (mots souslignés). Voici le raisonnement intermédiaire que nous abandonnions à la sagacité du lecteur:

Tout ou partie des causes qui influent sur la maturation de l'œuf, développent leur action dans le temps; donc, en moyenne, les œufs les plus âgés seront les plus mûrs. — A notre point de vue, cette considération était importante, parce qu'elle nous permettait de substituer un élément accessible, celui du temps, à l'élément plus direct, mais beaucoup moins accessible, du degré de maturation. Cette considération, en un mot, nous permettait de passer de la sphère théorique au domaine expérimental, et nous nous étions réjoui de l'avoir rencontrée.

Sur le second point, on objecte que la formation des

œufs étant successive, chez les oiseaux par exemple, il n'y a pas de raison pour admettre que les derniers œufs pondus soient ceux qui ont eu le plus de temps pour mûrir.

Une induction théorique forme ici l'un des anneaux de la chaîne; cette induction est la suivante :

Dans la plupart des espèces animales, la ponte n'est point continue, mais périodique, elle a lieu par crises successives; n'est-il pas vraisemblable qu'il en est de même de la formation primitive des œufs, et qu'ainsi le point de départ des œufs d'une même période, doit se chercher dans la cause déterminante de l'une des périodes génératrices. S'il en est ainsi, le développement *total* de chaque œuf doit contenir un facteur de temps, dont le point de départ est le même pour tous les œufs d'une même période. Donc, pour l'observateur auquel toutes les autres circonstances qui influent sur la maturation des œufs sont encore inconnues, les derniers œufs de chaque ponte seront bien, vraisemblablement, ceux qui ont eu le plus de temps pour mûrir (*Mémoire*, p. 9).

Loin de nier que d'autres facteurs puissent influer sur la maturation des œufs, nous avions ajouté :

« Les conditions de maturation et de séparation des œufs, devant dépendre de la *place qu'ils occupent sur l'ovaire*, il est probable que l'on rencontrera dans l'ordre de ponte des œufs mâles et femelles de grandes anomalies. » (Note, III, § 2, p. 23.)

Nous n'avons donc pas été surpris d'apprendre, quelque temps après la publication de notre mémoire, que, suivant une expérience d'Aristote répétée par M. Flourens, des deux petits, l'un mâle et l'autre femelle, que donne ordinairement chaque couvée de pigeons, le premier est presque toujours un mâle. (Flourens, *Longévité humaine*, p. 161.)

La probabilité que nous avions tirée des faits qui nous étaient connus sur les plantes, les oiseaux et les insectes, était bien celle qui résultait logiquement de la comparaison de ces faits.

4me *objection, Relative à la production des fleurs chez les plantes.*

On objecte que la production des fleurs chez les plantes, étant un phénomène de bourgeonnement, n'a rien de commun avec la production des organes sexuels chez les animaux supérieurs.

Une telle objection peut se concevoir dans la théorie suivant laquelle *toute* l'individualité de la plante réside dans le bourgeon. — Nous pensons, au contraire, que la fleur, malgré l'individualité relative qu'elle possède, est cependant *un organe* dans le tout auquel elle appartient, et une partie essentielle de l'*individu embryonnaire complet.*

Telle paraît avoir été aussi l'opinion de M. Leukart, dans son admirable résumé sur la génération. « Les difficultés d'expérimentation, dit-il, sont incomparablement moindres chez les plantes dioïques que chez les animaux, et nous ne voyons aucun motif qui puisse nous empêcher d'appliquer les résultats obtenus des plantes aux animaux, et même aux animaux supérieurs. »

5me *objection, Relative à la parthénogénèse.*

On objecte que notre théorie explique mal les phénomènes de la parthénogénèse, c'est-à-dire les cas où le développement embryonnaire a lieu sans le concours du mâle.

Nous avions dit (*Mémoire*, note I, p. 19) :

« La vie primitive de tout être organique se divise en deux périodes très-distinctes, ordinairement séparées par la fécondation. La première période commence avec l'origine de l'œuf ; elle comprend une suite régulière de développements cellulaires et de transformations chimiques, mais aucune formation embryonnaire proprement dite. La seconde période commence en général avec la fécondation, elle est caractérisée par une suite nouvelle de développements ayant pour résultat la formation embryonnaire. Nous désignons ces deux périodes sous les noms de période *ante-embryonnaire* et de *période embryonnaire* proprement dite.

« Le fait de la parthénogénèse consiste en ceci : que l'œuf est parfois capable de passer de la période ante-embryonnaire à la période embryonnaire de ses développements, sans que la fécondation intervienne d'une manière immédiate (l'objet essentiel de la fécondation étant autre).

« Lorsque la fécondation intervient, elle clôt forcément la période ante-embryonnaire et imprime au développement un caractère nouveau, qui est celui de la seconde période. »

Voici maintenant en quelques mots les faits de parthénogénèse qui ont été observés chez les abeilles :

La fécondation[1] n'est pas toujours nécessaire pour que la mère-abeille ponde des œufs susceptibles d'un complet développement ; mais lorsqu'une mère-abeille pond sans

[1] Elle n'a lieu, comme on le sait, qu'une seule fois pour toute la durée de la vie de l'abeille, qui est de quatre à cinq années. Le sperme se conserve, pour tout ce temps, dans un réceptacle de la semence

avoir été fécondée, les œufs qu'elle produit *sont toujours des œufs de mâles* (M. le curé Dzierzon).

On rencontre quelquefois dans les ruches, des abeilles ouvrières qui ont reçu quelque portion de la nourriture des mères, dont les ovaires se sont en conséquence un peu développés, et qui pondent comme des reines; mais ces ouvrières ne produisent jamais que des œufs de mâles. D'autre part, l'examen des organes générateurs des ouvrières fertiles montre que l'accouplement avec le mâle leur est interdit; d'ailleurs, chez elles, le réceptacle de la semence se montre toujours vide, toujours vierge de spermatozoïdes (de Siebold).

Voilà donc deux cas dans lesquels l'absence de fécondation correspond à la production des œufs de mâles.

On sait parfaitement, d'un autre côté, que la reine abeille, fécondée, connaît le sexe de l'œuf qu'elle va pondre; et même qu'elle peut à volonté pondre des œufs de l'un ou de l'autre sexe. Serait-ce parce que les œufs des mâles, chez l'abeille fécondée comme chez l'abeille vierge, n'exigent point de fécondation, tandis que la fécondation *de l'œuf* serait toujours nécessaire pour la formation d'un embryon femelle?

Le pouvoir singulier de la mère-abeille s'expliquerait alors de la manière suivante: La mère veut-elle pondre un œuf de mâle? elle tient fermé le réservoir de la semence, et l'œuf passe sans être fécondé; pour obtenir un œuf de femelle, l'abeille comprime le réservoir de la semence au moment du passage de l'œuf, qui reçoit ainsi l'imprégnation spermatique.

Eh bien, il existe des faits qui semblent établir que réellement chez l'abeille fécondée, *les œufs* qui donnent des mâles n'ont pas reçu la fécondation, tandis que les œufs

qui donnent des femelles l'ont toujours reçue. Les œufs mâles et femelles ne diffèrent d'ailleurs les uns des autres que par cette seule circonstance. Voici les preuves :

1° Quand une reine de race allemande est fécondée par un mâle de race italienne, les métis mâles sont toujours de race allemande, tandis que les métis femelles peuvent être de l'une ou de l'autre race (Dzierzon).

2° Les œufs mâles des abeilles ne renferment jamais de zoospermes, tandis que les œufs femelles en renferment (de Siebold). Il n'y a dans l'origine aucune autre différence appréciable entre les œufs de l'un et de l'autre sexe.

3° Si par quelque circonstance (froid, mutilation, vieillesse) la mère vient à perdre la faculté de donner des zoospermes, elle ne produit plus dès lors que des œufs de mâles (Dzierzon).

Ces faits, si remarquables, seraient interprétés dans notre théorie de la manière suivante :

Nous admettons d'abord en principe, que dans une espèce animale ou végétale quelconque, l'œuf passe de la période ante-embryonnaire à la période embryonnaire de son développement, à un moment déterminé de son évolution primitive, lorsque le développement de l'œuf a lieu naturellement, sans que la fécondation intervienne. Ce moment est déterminé par la nature propre à l'espèce, et ne varie que peu sous l'influence des circonstances extérieures.

Ainsi, chez les abeilles, le passage de l'œuf à la période embryonnaire a lieu tardivement, d'où il résulte que les œufs non fécondés, donnent toujours des mâles.

Chez les Stenobies et les Psychés (de Siebold) le passage de l'œuf à la période embryonnaire a lieu de bonne

beure, d'où il résulte que chez ces lépidoptères, les œufs non fécondés donnent toujours des femelles.

Dans les espèces où le passage a lieu très-près du moment de vire, les circonstances extérieures, en accélérant ou retardant un peu la maturation, suffisent pour déterminer la formation d'individus mâles ou d'individus femelles.

C'est ainsi que chez les Aphis (pucerons), les œufs se développent d'abord sans fécondation en embryons femelles, puis, vers la fin de l'été, les circonstances extérieures s'étant modifiées, quelques œufs mûrissent davantage et il se produit, toujours sans fécondation, des mâles, qui s'accouplent avec les femelles, d'où résulte la formation des œufs par lesquels l'espèce se conserve pendant l'hiver.

Les œufs non fécondés du *Bombyx mori* (ver à soie) se développent quelquefois sans fécondation (Hérold, Filippi, de Siebold, etc.), et sous l'influence de circonstances en quelque sorte inappréciables, ils donnent des mâles ou des femelles.

Voyons maintenant quelle devra être l'influence de la fécondation sur le développement sexuel des œufs.

D'abord, quand la fécondation intervient, elle clôt la période ante-embryonnaire, et fait passer l'œuf à la seconde phase de son développement.

D'un autre côté, nous avons admis avec M. le prof. Pagenstecher que l'action du sperme sur l'œuf était complexe. Par le produit des glandes accessoires, peut-être même par l'élément liquide que le sperme des testicules renferme (sorte de plasma relativement aux spermatozoïdes), le sperme accélère la maturation de l'œuf.

Dans le cas des abeilles, quand la fécondation a lieu, l'excès de maturation qui en résulte pour l'œuf n'est pas suffisant pour en faire un œuf mâle, parce que le

moment naturel de vire (celui qui répond à l'absence de toute fécondation) a lieu assez longtemps après la sortie de l'œuf.

Dans le cas des Psychides au contraire, le moment naturel de vire ayant lieu peu après l'instant de la sortie de l'œuf, il en résulte que l'excès de maturation causée par le sperme suffit pour qu'il résulte un œuf mâle.

La théorie fait ici prévoir d'autres cas possibles, qui seront sans doute observés un jour chez d'autres espèces.

Un cas bien remarquable est celui où l'excès de maturation causée par le sperme a suffi justement pour amener l'œuf au moment de vire, quand l'action des spermatozoïdes le fait entrer dans la seconde période de son développement.

Le lecteur comprend que je fais ici allusion aux abeilles hermaphrodites de M. Eugster de Constance, si bien décrites par M. de Siebold (voyez *Archives*, 2e série, t. XVIII, p. 163, et *Ueber Zwitterbienen, von C.-Th. de Siebold. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, XIV. Band, 1. Heft, 1864*).

L'œuf, plus mûr que de coutume, au moment où il passe devant le réceptacle de la semence, un affaiblissement des zoospermes survenu dans le testicule ou dans le réceptacle ; ou bien encore un pouvoir supérieur de maturation du plasma spermatique ; telles sont les causes qui, seules ou combinées, mais agissant suivant certaines valeurs numériques, *peuvent*, selon notre théorie, amener le résultat mentionné.

L'hypothèse la plus simple serait d'admettre que par suite de quelque vice de conformation de la reine abeille, les œufs sont retenus un peu plus longtemps dans les oviductes.

Il sort de ces œufs retardés des semi-mâles de fécon-

dation, ou bien des semi-mâles parthénogéniques. Le dernier cas peut avoir lieu, si l'on admet avec M. de Siebold qu'il y a eu insuffisance de spermatozoïdes.

Il serait curieux d'opérer artificiellement sur les œufs d'abeille des fécondations tardives, pour obtenir de vrais mâles de fécondation, aux larves desquels on pourrait offrir la nourriture des reines.

Nous ajouterons, relativement aux abeilles :

Que les ouvrières pondent des œufs de mâles, malgré l'infériorité relative de leurs organes génitaux, parce que, chez les abeilles, les œufs de mâles sont toujours ceux qui résultent de l'absence de fécondation ; et parce que d'ailleurs le développement d'un individu nouveau n'est pas *dominé* par l'influence des particularités accidentelles de la mère.

La supériorité relative des femelles sur les mâles, chez ces animaux merveilleux, résulte peut-être de ce que seuls les œufs de femelles se développent sous l'influence vivifiante de la fécondation, dont les œufs de mâles sont privés. Or on sait parfaitement que les individus parthénogéniques offrent, toutes choses égales d'ailleurs, une moins grande puissance de développement que ceux dont le germe a reçu le baptême de la fécondation.

Si l'on veut tenir compte de la parthénogénèse, la loi des sexes devra s'énoncer de la manière suivante :

L'œuf qui n'a pas atteint un certain degré de maturation au moment où il entre dans sa période embryonnaire, donne une femelle. Quand ce degré de maturation est dépassé, l'œuf, dans les mêmes circonstances, donne un mâle.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Balance aérohydrostatique de M. le colonel Seiler.

Un de nos compatriotes, d'Interlaken, canton de Berne, vient d'inventer un appareil, fondé sur un principe aussi simple qu'ingénieux, et destiné, à ce qu'il semble, à jouer un rôle important dans les entreprises industrielles dans lesquelles il s'agit de soulever de très-lourds fardeaux.

Cette invention peut donc trouver son application dans les industries les plus diverses; il est même possible qu'elle fournisse aux chemins de fer un moyen de franchir de grandes différences de niveau, par le soulèvement vertical des wagons, ce qui donnerait aux ingénieurs des facilités toutes nouvelles pour le passage des pays montagneux

Les ingénieurs des ponts et chaussées de l'Empire français ont déjà pris en considération, l'année dernière, l'application que M. Seiler a proposée de son invention aux canaux pour remplacer le système actuel des écluses, et M. Huet, ingénieur des eaux et canaux, a fait sur ce projet un rapport très-favorable, dont les conclusions ont été toutes adoptées par M. Belgrand, ingénieur en chef de la 2me division du service municipal de Paris.

La note suivante, empruntée au rapport de M. l'ingénieur Huet, expose le principe de l'invention de M. Seiler et son application aux canaux. Nous la faisons suivre d'une lettre de M. Culmann, professeur à l'École polytechnique de Zurich, qui apprécie le système de M. Seiler par comparaison avec ceux déjà connus. Nous devons ajouter que nous avons encore sous les yeux une lettre de

M. Reuleaux, professeur de mécanique appliquée à l'École polytechnique de Zurich, qui partage entièrement les vues exprimées par M. Culmann. (*Réd.*)

L'appareil dit Aérohydrostatique, inventé par M. Seiler, est destiné à remplacer les écluses des canaux en procurant une économie considérable dans la dépense d'eau nécessitée par chaque éclusée.

A une écluse ordinaire, M. Seiler substitue un bac, une caisse en tôle de la longueur et de la largeur d'un sas d'écluse et d'une tenue d'eau à peu près égale à celle du canal ; cette caisse peut se mouvoir de haut en bas et de bas en haut dans les limites de la hauteur de chute à racheter, de manière à venir se placer alternativement au niveau de chacun des deux biefs qu'elle doit rattacher l'un à l'autre.

Pour pouvoir mettre en mouvement ce bac rempli d'eau dont le poids n'est pas de moins de 1,100,000 kilog. pour une longueur de $45^{m},00$, une largeur de $8^{m},00$, une hauteur d'eau de $2^{m},50$, M Seiler le suspend par l'intermédiaire de quatre gazomètres; puis il l'équilibre par un bac semblable, placé à l'extrémité d'un des biefs considérés, de telle sorte que dans le système de M. Seiler les écluses sont accouplées, et présentent deux à deux, à l'extrémité d'un bief intermédiaire, les mêmes dimensions et la même chute; une canalisation souterraine permet de mettre en communication l'air comprimé dans les huit gazomètres dont se composent ces écluses accouplées et d'en équilibrer ainsi la tension.

On règle à l'origine la quantité d'air renfermée dans le système des gazomètres et des conduites, de telle sorte que les deux bacs se trouvent en même temps au niveau du bief intermédiaire, ou bien, que l'un d'eux étant au niveau du bief supérieur, l'autre se trouve au niveau du bief inférieur ; admettant que ce système puisse se maintenir ainsi sans déperdition d'air, il est réglé pour toujours et des manœuvres fort simples permettront de le faire

fonctionner; en effet, les gazomètres communiquant dans les conditions qui viennent d'être indiquées, il y a équilibre dans le système et les deux bacs forment les deux plateaux de ce que l'auteur a appelé une balance aérohydrostatique; lorsqu'il y a communication complète et libre de l'air comprimé dans le réseau, une faible surcharge ajoutée à l'un des bacs augmente la pression de l'air des gazomètres correspondants, et cet air s'écoule à l'autre extrémité du système en soulevant le bac opposé d'une hauteur égale à celle dont s'abaisse le premier.

La fermeture de la communication par laquelle s'écoule l'air comprimé arrête immédiatement le mouvement, en même temps qu'un frein d'une disposition spéciale fixe d'une manière stable la position du bac, quelques variations que puisse d'ailleurs éprouver la tension de l'air des gazomètres.

M. Seiler emploie l'eau comme surcharge; dans ce but, il donne au plafond de chacun des biefs du canal une pente telle que la tenue d'eau y soit de $0^{m},10^{c}$ plus considérable à l'aval qu'à l'amont, c'est-à-dire qu'elle soit de $2^{m},50$ à l'aval, par exemple, si elle est à l'amont de $2^{m},40$. Dans ces conditions, si l'on suppose que les deux bacs aient été mis respectivement en communication avec les biefs supérieur et inférieur, le bac supérieur aura, comparé au bac inférieur, une surcharge d'eau de $0^{m},10$, et aussitôt la communication de l'air établie entre les gazomètres, il s'abaissera jusqu'à ce qu'il arrive au niveau du bief intermédiaire, niveau qu'atteindra en même temps le bac inférieur dans son mouvement ascendant; tous deux s'y arrêteront par la fermeture de la communication d'air et y seront fixés à l'aide du frein dont il a été parlé ci-dessus. Si maintenant ces bacs sont mis en rapport avec le bief intermédiaire, l'effet inverse se produit, c'est-à-dire que le bac supérieur y écoule sa surcharge d'eau que prend à l'autre extrémité le bac inférieur, et aussitôt les freins desserrés et la communication de l'air rétablie, un nouveau mouvement de bascule replace les diverses parties du système dans leur position primitive.

On voit qu'une semblable opération, qui n'est autre en résultat qu'une éclusée, ne dépense au maximum qu'une tranche d'eau de $0^m,10$ de hauteur, c'est-à-dire 36 mètres cubes ou $^1/_{25}$ environ de la quantité d'eau exigée par une éclusée dans le système ordinaire avec chute de $2^m,50$; la manœuvre des bateaux se fait d'ailleurs tout naturellement au moment des diverses communications des biefs avec les bacs, sans que leur présence dans les bacs change rien aux conditions d'équilibre et de mouvement qui viennent d'être indiquées.

J'ai étudié avec le plus grand intérêt les diverses brochures et les papiers qui m'ont été communiqués concernant la belle invention de M. Seiler. Elle est tellement simple qu'on a peine à croire qu'elle soit nouvelle, mais je considère précisément cette simplicité comme la garantie la plus sûre de son succès. Une machine fonctionne d'autant mieux qu'elle est moins compliquée, que son jeu est plus facile à comprendre par les ouvriers qui la manœuvrent et qu'elle a moins de chances de dérangement.

Quoi de plus simple que ces deux cloches renversées nageant dans deux réservoirs et mises en communication par un tuyau? La poulie seule peut être mise en comparaison, mais dès qu'il s'agit de soulever des fardeaux un peu considérables et qu'il faut réunir plusieurs poulies en palan ou en mouffle, l'appareil devient plus compliqué que les deux cloches communiquant par un tuyau avec robinets.

On me demande mon opinion sur cet appareil; je ne puis mieux faire que de le comparer aux diverses machines et engins qu'il est destiné à remplacer. Cette comparaison est presque toujours favorable à l'appareil Seiler.

Envisageons d'abord les services qu'il peut rendre à la navigation. Les inconvénients des écluses, tant sous le rapport de la perte d'eau et du temps considérable exigé pour le passage d'un bief à un autre que sous celui de leur chute restreinte, sont tellement reconnus que l'on s'est occupé de tout temps à inventer des

moyens d'y obvier et de remplacer en certaines localités les écluses par autre chose. C'est à ces inventions-là qu'il faut surtout comparer l'appareil Seiler et non aux écluses elles-mêmes qui seront toujours employées partout où l'eau se trouve en abondance et où la chute est petite.

L'appareil qui présente le plus d'analogie avec celui de M. Seiler, est le flotteur de M. Girard.

Il m'est impossible d'en faire ici la description, je me bornerai donc à en examiner le principe : un bateau se trouve dans le sas d'une écluse ordinaire; en enfonçant un caisson dans un bassin latéral, communiquant avec l'écluse, on fait monter le bateau avec le niveau de l'eau dans le sas.

L'aire de la section horizontale du caisson est égale à celle de l'écluse et sa hauteur est égale au double de la chute. On enfonce ce caisson en y faisant couler de l'eau des biefs et les dispositions sont prises de telle façon que la différence de niveau entre l'eau du caisson et l'eau du bief reste constante, le caisson s'enfonçant à mesure que l'eau y coule. Cette eau n'est pas perdue; on la fait couler de nouveau dans les biefs, dès que l'on a abaissé le niveau de l'écluse ; mais, pour cela, il faut élever le caisson jusqu'à ce que le niveau de son eau soit autant au-dessus de celui du bief qu'auparavant il était au-dessous. On obtient ce résultat en faisant couler directement de l'eau du bief supérieur dans l'écluse. C'est cette eau-là qui constitue la perte ; elle équivaut à une colonne d'eau dont la base est égale en superficie à celle de l'écluse et dont la hauteur est égale au double de la chute qui fait écouler l'eau du bief dans l'écluse et de celle-ci de nouveau dans le bief.

En comparant cet appareil à celui de M. Seiler, on remarque tout d'abord que, dans l'un, l'équilibre se fait au moyen de l'eau et dans l'autre au moyen de l'air. Pour faire monter et descendre l'appareil, il faut que dans l'un l'eau et dans l'autre l'air s'écoule; or, sous une petite chute l'eau s'écoule avec une vitesse très faible, andis que sous une pression correspondante à cette même chute, la vitesse d'écoulement de l'air est à très-peu de chose près 30 fois

plus grande que celle de l'eau ; donc, toutes autres choses égales, l'éclusage au moyen du système Seiler se fera 30 fois plus vite qu'au moyen de celui de M. Girard. Si une telle augmentation de vitesse n'est pas désirable, on peut donner un plus petit diamètre aux tuyaux et l'appareil sera considérablement simplifié.

Un autre avantage de l'appareil Seiler, c'est qu'il comporte de bien plus petites dimensions que celui de M. Girard. La pression d'air dans le premier étant illimitée, elle pourra sans inconvénient être portée à 1 atmosphère, soit 10 mètres de pression d'eau, et l'aire de toutes les cloches pourra se réduire à $^1/_2$ ou au $^1/_3$ de celle du sas, selon que la chute de l'écluse sera la $^1/_2$ ou le $^1/_3$ de 10 mètres, tandis que l'aire du caisson Girard doit toujours être égale à celle du sas de l'écluse. L'appareil Girard n'a pu s'introduire dans la pratique, espérons que celui de M. Seiler se frayera un chemin.

Le second appareil auquel nous le comparons est celui qui a été construit sur le Grand Western Canal, en Angleterre.

Deux bacs en tout pareils à ceux que propose M. Seiler, sont suspendus en équilibre au moyen de chaînes, à plusieurs poutres dont le diamètre est égal à la distance entre le milieu de chacun des bacs (4^m,90). Deux tonnes d'eau que l'on fait couler dans l'un ou dans l'autre des bacs suffisent pour le faire descendre et pour faire monter l'autre avec le fardeau dont il est chargé. La chute est de 14 mètres, la charge des bateaux 8 tonnes. La seule différence qu'il y ait entre cet appareil et celui de M. Seiler consiste en ce que les bacs sont équilibrés dans le premier au moyen de poulies et de chaînes ; dans le second, au moyen de chambres à air comprimé dans la partie supérieure des cloches. Le plein succès avec lequel fonctionne cet appareil est une garantie pour la réussite de celui de M. Seiler, qui a l'avantage d'une plus grande simplicité et qui n'est pas limité aux petites charges qu on peut raisonnablement suspendre à des poulies.

Enfin nous mentionnerons encore le système que M. Clark a mis en pratique à Blackwall. Il consiste en 32 colonnes renfer-

mant chacune une presse hydraulique, au moyen desquelles on soulève un ponton placé entre ces colonnes et dans lequel le navire est amené.

Cet appareil fonctionne parfaitement. Le bac supporté par les cloches de M Seiler fonctionnera-t-il moins bien que le ponton de Blackwall suspendu entre des cloches en forme de colonnes? Il n'y a aucune raison de le supposer, mais ce qu'il y a de certain, c'est qu'il fonctionnera beaucoup plus vite, car il faut à Blackwall deux heures pour un mouvement de va et vient, attendu que le ponton ne monte qu'à mesure que les presses hydrauliques sont remplies par les pompes foulantes. Les cloches de M. Seiler, chargées convenablement, feront leur course en quelques instants, et sont en outre beaucoup plus faciles à manœuvrer que des presses hydrauliques.

Voilà pour la navigation, mais appliqué aux chemins de fer, aux magasins, aux fabriques et aux moulins, l'appareil Seiler ne rendra pas des services moins nombreux et moins variés. On fera monter avec la plus grande facilité des wagons vides ou chargés d'étage en étage, du palier d'une gare à celui d'une autre plus élevée, de la plateforme d'un chemin de fer flottant au niveau de la station riveraine. Dans les magasins, ces appareils remplaceront parfaitement les grues les plus puissantes et les plus expéditives. Leur établissement est facile; il ne faut qu'un puits qui coûte généralement bien moins que les fondations d'une grue d'une certaine puissance. Dans la plupart des fabriques et des moulins, ces puits sont déjà faits. L'ingénieuse disposition de plusieurs monte-charges combinés et recevant leur air d'un seul appareil foulant, démontre que la force motrice de ces grues peut être tout aussi bien centralisée que celle de plusieurs grues Armstrong, et combien le monte-charge lui-même n'est-il pas plus simple que cette grue avec son cylindre en poulies et ses chaînes! Un cylindre flottant dans un puits et surmonté d'une plateforme, puis un tuyau de communication, voilà toutes les parties dont se compose le monte-charge de M. Seiler.

En somme, mon opinion est très-favorable à cette nouvelle invention qui, j'en suis persuadé, fera son chemin. Cependant il ne faut pas oublier que, pour introduire dans la pratique une invention si utile qu'elle soit, il faut d'abord l'expérience, qui seule fait connaître la meilleure disposition à adopter pour les détails du système et quels sont les cas où l'on peut lutter avec avantage contre les machines antérieurement employées ; puis il faut encore du temps, de la patience et de l'argent. Espérons qu'aucun de ces facteurs ne fera défaut à M. Seiler, et qu'il parviendra bientôt à accréditer partout sa nouvelle invention.

(Signé) CH. CULMANN.

H. KNOBLAUCH. UEBER DEN DURCHGANG DER... SUR LE PASSAGE DE LA CHALEUR RAYONNANTE AU TRAVERS DU SEL GEMME POLI, MAT, OU RECOUVERT DE NOIR DE FUMÉE, ET SUR LA DIFFUSION DES RAYONS CALORIFIQUES (*Poggendorffs Annalen*, t. CXX, p. 177).

En raison de son étendue considérable, le savant mémoire que M. Knoblauch publie sous ce titre, se prêterait difficilement à une analyse succincte ; nous nous bornerons donc à traduire les conclusions par lesquelles l'auteur le termine.

I

1° Le sel gemme limpide et chimiquement pur laisse passer en égale proportion toutes les espèces de rayons calorifiques, et cela que la différence des rayons provienne :

a) de ce qu'ils ont été diffusés par réflexion sur des corps non polis ;

b) de ce qu'ils ont traversé des corps diathermanes différents ;

c) ou de ce qu'ils émanent de sources de chaleur diverses.

2° On a confirmé que lors de ce passage, qui exerce la même influence sur tous les rayons élémentaires, le maximum de chaleur dans le spectre solaire d'un prisme de sel gemme est situé dans l'espace obscur au delà du rouge ; dans l'intérieur de la

partie visible du spectre les conditions calorifiques sont les mêmes pour un prisme de sel gemme et pour un prisme de flint-glass.

II

1° Si l'on emploie du sel gemme soit non poli soit trouble, les rayons calorifiques du soleil passent en quantité moindre que les rayons d'une lampe d'Argand, et ceux-ci, en général, en quantité moindre que les rayons d'une source calorifique à 100° C.

L'augmentation de rugosité affaiblit le passage des rayons de toute espèce de chaleur, mais elle agit le plus fortement sur la chaleur solaire, moins sur celle de la lampe, et moins encore sur celle d'une source de chaleur obscure.

2° Si l'on fait abstraction de l'absorption élective (thermochrose) de la substance, la rugosité de la surface des verres mats, et la non-limpidité intérieure des verres laiteux exercent des effets correspondants.

3° Ces phénomènes ne doivent être attribués ni (comme le fait M. Forbes) à une absorption s'exerçant inégalement sur les rayons calorifiques de qualité diverse, ni (comme le fait M. Melloni) à une dispersion inégale et dépendant de la couleur calorifique sur les milieux mats ou troubles, dispersion qui aurait pour effet de détourner plus ou moins les rayons du thermoscope. — La rugosité de la surface en elle-même, non plus que la direction des rayons émanant d'un seul point, n'est également pas la condition déterminante.

4° La chaleur diffusée soit par le passage au travers d'écrans mats ou troubles, soit par la réflexion sur une surface non polie, traverse des écrans diffusants en proportion d'autant plus considérable *a*) que les rayons sont plus diffusés, *b*) que les écrans sont plus diffusants pour des rayons parallèles.

5° Généralement la condition essentielle du passage de la chaleur au travers d'écrans de cette nature réside dans le fait que les rayons arrivant aux écrans soient parallèles, ou qu'ils émanent d'un plus ou moins grand nombre de points et qu'ils soient dans des directions plus ou moins différentes.

6° Conformément à cela, pour une seule et même source de chaleur, la proportion des rayons qui traversent (abstraction faite d'une quantité de chaleur constante qui tombe directement sur la plaque) diminue quand l'éloignement de la source augmente, et cela d'autant plus rapidement que l'écran a un plus grand pouvoir de diffusion.

7° En disposant convenablement l'expérience, on peut arriver à faire disparaître cette transmission en plus grande abondance (mentionnée sous le n° 1) des rayons provenant d'une source à 100° comparés à ceux d'une lampe, et même on peut renverser le phénomène, c'est-à-dire arriver à produire une transmission en plus grande proportion de la chaleur de la lampe.

III

1° Lors du passage des rayons calorifiques au travers de sel gemme recouvert de noir de fumée, il se produit une absorption élective (annoncée par Melloni) sans diffusion. Un effet de diffusion (présumé par M. Forbes) n'est jamais produit par la surface rugueuse de la couche de noir de fumée, mais bien quelquefois par suite d'une détérioration de la plaque de sel pendant qu'on la noircit.

2° Dans la transmission des rayons au travers de couches métalliques minces déposées sur du verre, il se produit une absorption élective sans diffusion.

3° La manière la plus sûre de reconnaître l'existence d'une absorption élective, lors de la transmission, c'est de voir si la chaleur avant ou après son passage au travers de la substance en question conserve, sans changement, sa faculté de traverser d'autres corps diathermanes (limpides et polis), ou si cette faculté est modifiée.

4° Les meilleurs moyens de reconnaître une action de diffusion sont les suivants :

a) Si on dirige de la chaleur solaire au travers de l'écran que l'on étudie et que l'on compare les rayons transmis aux rayons directs, ou bien les deux faisceaux traversent dans la même pro-

portion du sel gemme incolore et mat, ou bien le premier faisceau l'emporte sur le second. Dans ce dernier cas, la plaque sur laquelle on opère est diffusante.

b) Si de deux faisceaux thermiques identiques, dont l'un est formé de rayons parallèles et l'autre de rayons diffusés, le dernier passe plus facilement au travers de la substance que l'on examine, celle-ci est diffusante.

Ce procédé donne aussi la manière de comparer entre eux les différents degrés de diffusion (entre des limites écartées).

IV

1° *a*) Lorsque l'angle que forment les rayons calorifiques avec une plaque mate ou trouble va en diminuant, la diffusion produite croît en général. Quand on emploie des plaques de plus en plus diffusantes, on reconnaît que cet accroissement de la diffusion avec l'angle d'incidence augmente d'abord, mais pour diminuer ensuite ; de sorte que des plaques dont la rugosité ou le trouble atteint un certain degré, se comportent de la même manière que des plaques limpides, c'est-à-dire que la différence d'inclinaison des rayons transmis ne produit plus d'influence appréciable ;

b) Au contraire, la diffusion produite par la réflexion sur une surface non polie diminue quand l'angle d'incidence grandit et se rapproche de plus en plus de la réflexion régulière.

2° Entre les plaques polies et les plaques rugueuses sur leurs deux surfaces, il existe des états intermédiaires tels qu'il se produit une coloration calorifique des rayons transmis, et cela tout à fait indépendamment de l'effet qui se produit à l'intérieur de la substance, et seulement par suite des propriétés mécaniques de la surface.

3° Par conséquent, quand il s'agit de milieux non polis ou troubles, il faut distinguer l'une de l'autre l'action de diffusion qui a toujours lieu, de l'action d'absorption élective qui se produit quelquefois.

4° Du sel de cuisine fondu a produit une diffusion, mais point de coloration calorifique.

5° Un morceau de sel gemme ancien, que l'on a reconnu être chimiquement et mécaniquement impur, a exercé une action de diffusion, ainsi qu'une absorption élective. Des états analogues expliquent les observations divergentes qui ont été faites sur le sel gemme dans différentes expériences.

MAURITIUS. SUR LA VARIATION DU MAGNÉTISME AVEC LA TEMPÉRATURE. (*Pogg. Ann.* 1863, n° 11, p. 385).

Les recherches de l'auteur ont pour objet, en premier lieu la variation du magnétisme des aimants permanents lorsqu'on les soumet à des changements réitérés de température, et en second lieu la variation du magnétisme temporaire du fer à partir d'une température très-élevée.

Aimants permanents. La méthode d'expérimentation est celle qu'a employée M. Wiedemann dans des recherches sur ce même sujet; le barreau aimanté est placé perpendiculairement au méridien magnétique dans le plan horizontal d'un aimant mobile dont les déviations angulaires sont observées par réflexion. La déviation de l'aimant mobile hors du méridien magnétique donne la mesure du moment magnétique du barreau aimanté.

L'aimant dont on fait varier la température est renfermé dans un tube en zinc qui peut être mis en communication soit avec une chaudière à vapeur, soit avec un réservoir d'eau refroidie à 0°. Après qu'on a fait circuler dans le tube pendant cinq minutes un courant de vapeur ou un courant d'eau froide, on détermine la position angulaire de l'aimant mobile.

Les expériences consistaient, en premier lieu, à reproduire alternativement les températures de 100° et de 0° jusqu'au moment où le magnétisme du barreau était devenu sensiblement constant pour le retour de la même température, et en second lieu, à soumettre plusieurs fois de suite le même barreau à ce mode d'expérimentation, en l'aimantant de nouveau après chaque série d'observations. Cinq aimants en acier trempé ont été

successivement employés ; leur forme était parallélipipédique et leurs dimensions différentes ; l'aimantation était produite par friction.

Résultats. Lorsque le magnétisme d'un aimant est devenu constant par suite du grand nombre des variations de température qu'on lui a fait subir, la diminution du magnétisme de 0 à 100° est proportionnelle au magnétisme à 0°. Avec l'aimant désigné par A_1 le rapport $\frac{M_0 - M_{100}}{M_0}$ a été trouvé égal à $\frac{1}{10.8}$, $\frac{1}{10.6}$ et $\frac{1}{10.5}$ dans trois séries pour des valeurs de M_0 variant à peu près comme 1, 2 et 4. Avec un autre aimant D le même rapport prend les valeurs $\frac{1}{4.7}$, $\frac{1}{4.9}$ et $\frac{1}{5.0}$ pour des aimantations successives.

La valeur de ce rapport trouvé constant pour un même barreau, quelle que soit l'intensité de son magnétisme, dépend, comme on le sait, de la forme du barreau, de la nature de l'air et de la trempe. Les recherches de l'auteur ne sont pas suffisantes pour qu'il ait pu chercher à évaluer l'influence de ces divers éléments. Un seul barreau B a été détrempé et le rapport défini ci-dessus est devenu égal à $\frac{1}{15}$ de $\frac{1}{10}$ qu'il était auparavant. Cette expérience s'accorde avec une faible diminution que le rapport subit dans des séries successives, parce que la trempe doit diminuer un peu. Avec un seul barreau A, le rapport a été en augmentant et il faut observer que ce barreau avait été soumis avant la première série à 14 alternatives de température, ce qui permet de penser que la trempe était parvenue à un état stationnaire. D'après M. Wiedemann, lorsqu'un aimant revient à la température initiale, après avoir passé par une température élevée, la diminution du moment magnétique est proportionnelle à ce moment lui-même, et une non proportionnalité apparente peut résulter d'un changement de trempe. D'après M. Mauritius, les expériences faites sur le barreau A contredisent ce principe. En effet, l'auteur trouve pour le rapport $\frac{M_0 - M'_0}{M_0}$ qui devrait être constant d'après M. Wiedemann, les valeurs $\frac{1}{29}$, $\frac{1}{45}$ et $\frac{1}{51}$

après la première élévation de température de chacune des trois séries de A dont la trempe, d'après ce qui précède, était devenue constante.

Magnétisme temporaire. La méthode de mesure reste la même et le barreau dont on veut étudier le magnétisme temporaire est placé dans une spirale électromagnétique disposée comme l'était dans les recherches précédentes l'aimant permanent. Chaque expérience se fait de la manière suivante. On fait passer le courant dans la spirale et on mesure la déviation ; le barreau de fer incandescent est suspendu dans l'intérieur de la spirale et à partir de cet instant on observe la position de l'aimant mobile en notant le moment correspondant à chaque observation. On mesure ainsi la variation du magnétisme temporaire du barreau de fer rapportée au temps.

Quatre barreaux différents ont été employés ; un en fer forgé, deux en fonte, un en acier fondu.

Résultats. Au rouge blanc, aucun des barreaux n'est magnétique. La détermination approchée, par immersion dans l'eau, de la température à laquelle le magnétisme commence à se manifester, a donné 1000°.

Avec le barreau d'acier, pendant une première période, l'augmentation du magnétisme a lieu très-rapidement, puis vient une période d'augmentation lente à la suite de laquelle se trouve une seconde période d'augmentation rapide.

Avec les barreaux de fonte, la seconde période d'augmentation rapide se retrouve, quoique moins marquée et avec le fer forgé, elle existe pas.

L'auteur croit pouvoir conclure de ces expériences [1] que les

[1] Les tableaux qu'on trouve dans le mémoire de M. Mauritius ne permettent pas de suivre aisément les conclusions de l'auteur et il est à regretter qu'on n'ait pas tracé la courbe du magnétisme rapportée au temps. Il faut observer en outre, en ce qui concerne la première période d'augmentation du magnétisme, que l'on ne peut guères se rendre compte des variations relatives du magnétisme et de la température, puisque la vitesse de refroidissement diminue aussi très-rapidement au commencement de l'expérience. L. D.

propriétés magnétiques du fer se développent tout d'un coup à une température déterminée. Cette discontinuité aurait sa cause, suivant M. Mauritius, dans un changement brusque de constitution chimique, c'est-à-dire qu'à une certaine température le fer passerait de l'état bi-atomique à l'état mono-atomique et la constitution bi-atomique serait la condition nécessaire du magnétisme. En outre, la seconde période d'accroissement rapide de magnétisme serait due à un phénomène analogue de changement d'état chimique dans lequel le carbone jouerait un rôle.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr GUSTAV LANG. DAS GEHŒRORGAN, etc. DE L'ORGANE AUDITIF DES CYPRINOIDES, ET DU MODE DE TERMINAISON DES NERFS DANS CET ORGANE (*Zeitschr. f. wiss. Zoologie.* XIII, 1863, p. 303).

Depuis les recherches classiques de M. E.-H. Weber sur l'oreille des poissons, on admet que chez les cyprinoïdes le vestibule, les canaux sémicirculaires et le sac communiquent non-seulement les uns avec les autres, mais encore avec le sinus impair de l'occipital. M. Weber lui-même déclare cependant qu'il ne réussit jamais à pousser des injections mercurielles du vestibule dans le sac, et M. Lang montre aujourd'hui que le prétendu conduit qu'on suppose joindre ces deux parties est un cordon entièrement solide, formé par du tissu fibreux, dur comme du cartilage. Il n'existe pas davantage de communication ouverte entre le vestibule et le sinus impair. Le vestibule avec ses canaux semi-circulaires, le sac et le sinus impair forment donc trois cavités entièrement distinctes. Bien plus, les ampoulles des canaux semi-circulaires et le vestibule sont seuls à recevoir des branches du nerf auditif proprement dit. Les nerfs du sac proviennent du trijumeau.

L'étude histologique des ampoulles a conduit M. Lang à des résultats qui diffèrent sur plusieurs points importants de ceux

obtenus par M. Max Schultze [1] et par M. Franz Eilhard Schulze sur d'autres poissons. Dans chaque ampoulle le nerf ampoullaire pénètre dans la crête acoustique dont ses fibres atteignent la surface en s'étalant en éventail. Là ces fibres sont en contact avec l'appareil terminal, mais il n'a pas été possible à l'auteur de déterminer d'une manière certaine leurs relations histologiques avec cet appareil. L'appareil terminal est formé de trois parties: 1° une couche de cellules cylindriques appliquée sur la crête acoustique; 2° une sorte de coupole formée d'un tissu très-délicat et finement strié, reposant sur cet épithélium; 3° les plans sémilunaires de Steifensand appliqués contre la paroi interne de l'ampoulle, à droite et à gauche de la coupole.

Cette description diffère essentiellement de celle de M. Reich, de M. Schultze et de M. F.-E. Schulze, en ce que ces observateurs font reposer simplement sur l'épithélium cylindrique de longues soies nerveuses. Or, d'après M. Lang, ces soies seraient les restes mutilés de la coupole striée, détruite par l'action de l'acide chromique [2]. M. Lang repousse l'emploi de ce réactif et le remplace par de l'eau faiblement acidulée d'acide azotique. Il laisse la préparation pendant cinq minutes dans ce liquide et la place ensuite dans de l'eau mêlée d'un quart d'alcool. Ce procédé n'altère pas, selon lui, les tissus délicats de l'ampoulle. — Quant aux terminaisons nerveuses des plans sémilunaires de Steifensand, elles sont restées jusqu'ici rebelles à l'étude.

Le vestibule renferme aussi son *appareil terminal*: la partie de la paroi de l'organe qui le porte est creusée en une niche entourée d'une corniche qui fait saillie dans le vestibule. L'otolithe remplit toute la niche et paraît être maintenu en place par le bord saillant de la corniche, plutôt que par la densité de l'endolymphe (opinion de M. M. Schultze). La face de l'otolithe qui

[1] *Archives*, 1859, t. IV, p. 281

[2] Il est permis de se demander si la coupole observée par M. Lang, coupole *striée* d'après la remarque de ce savant, ne serait pas une apparence due à l'agglutination des nombreuses soies vues par d'autres observateurs.

regarde l'appareil terminal est tapissée par une membrane délicate semblable à la *membrane en fenêtre* décrite par M. Otto Deiters [1] dans l'organe auditif des batraciens. L'appareil terminal (épithélium de M. Schultz) est formé par des cellules cylindriques juxtaposées, dont les rapports histologiques avec les fibres nerveuses n'ont pu être déterminés avec certitude par l'auteur.

Le fait que le sac est entièrement indépendant du vestibule chez les cyprins, mérite d'autant plus d'être relevé que, d'après M Deiters, ces deux organes communiquent largement l'un avec l'autre chez les batraciens. Le sac offre en outre, chez ces poissons, la particularité d'être divisé en deux chambres ne communiquant entre elles que par une petite ouverture. Chaque chambre reçoit son rameau nerveux et possède son appareil terminal propre. Les recherches de M. Lang tendent à établir que cet appareil offre la même structure que celui du vestibule et présente les mêmes relations que ce dernier avec les otolithes.

M. Lang pense que les ondes sonores se propagent du sommet de chaque canal sémicirculaire (qui est la partie de l'appareil la plus voisine de la surface du crâne) dans les deux jambes de l'arc, jusqu'au vestibule, et dans ce cas les ampoulles seraient toujours ébranlées avant le vestibule. Dans les ampoulles, les ondes sonores seraient reçues par l'appareil terminal. Pour ce qui concerne le vestibule, il est difficile de décider si les ondes passent directement de l'endolymphe à l'appareil terminal ou si elles usent de l'intermédiaire de l'otolithe. Dans le sac il semble que l'un des otolithes, l'astérisque, soit placé de manière à recevoir directement les ébranlements des parties osseuses, sans que M. Lang ose en conclure que l'otolithe agisse directement sur l'appareil terminal.

Dr Paul Bert. De la greffe animale. in-4°, Paris, 1863, J.-B. Baillière & fils.

M. Bert enrichit la science d'un ouvrage fort intéressant en publiant ses propres expériences sur la greffe animale (hétéro-

[1] *Archives*, 1861. Tome X, p. 274 et 1863, t. XVI, p. 332.

plastie, autoplastie, etc.) et en réunissant les nombreuses observations de transplantation de parties animales jusqu'ici disséminées dans des ouvrages et des recueils divers. Le premier chapitre de ce travail contient la définition de la greffe animale, l'indication succincte des différences qui la séparent de la greffe végétale, l'énoncé de quelques-uns des rapports qu'elle présente avec la physiologie générale et aussi les principales de ses applications soit à des points spéciaux de physiologie, soit à la thérapeutique. Il y a, selon M. Bert, une différence radicale entre la greffe animale et la greffe végétale. En effet, le bourgeon végétal étant virtuellement un individu distinct, la greffe végétale n'est que le transport d'un individu déjà né ou en puissance dans de nouvelles conditions de nutrition. Mais rien de pareil dans la greffe animale où il s'agit non d'un individu, mais d'un organe ou d'un fragment d'organe. Sans doute cette différence n'est peut-être pas aussi radicale qu'il le semble au premier abord, car la physiologie comparée nous enseigne que même chez les animaux la distinction d'organe et d'individu n'est point toujours possible à faire, mais nous ne méconnaissons point pour cela l'importance de la distinction établie par M. Bert. « Quel surprenant spectacle, répéterons-nous avec lui, de voir la patte coupée d'un rat, introduite sous la peau d'un autre rat, vivre, grandir, achever son ossification, régénérer ses nerfs détruits ! Et quand nous passons d'une espèce à une autre, d'un genre, d'un ordre à un autre, quand nous franchissons de plus larges intervalles, quand nous plantons une plume sous la peau d'un chien, quel miracle de voir reprendre ces phénomènes vitaux un moment interrompus et le fragment d'oiseau se nourrir du sang d'un mammifère! » M. Bert voit avec raison dans ces phénomènes une nouvelle preuve en faveur de cette vie moléculaire, ou pour mieux dire de cette vie histologique, cellulaire, dont la physiologie moderne a démontré l'existence.

Le second chapitre du mémoire de M. Bert est l'exposé des observations et expériences personnelles de l'auteur. Il débute

par une intéressante communication du Dr Magitot relative à l'avulsion complète d'une incisive d'enfant, à sa remise en place trois heures après l'accident et à sa reprise parfaite, attestée par sa translucidité persistante. Cette observation, bien que peu nouvelle en son genre, a le grand mérite d'une extrême précision scientifique.

Parmi les expériences de l'auteur nous relèverons les plus saillantes :

M. Bert a réussi à produire une greffe par approche ou *greffe siamoise* (ainsi nommée par analogie avec les célèbres frères siamois) entre des rats albinos. Lorsque cette greffe a lieu simplement par les téguments, elle s'opère avec facilité. Les suites de l'opération ne sont point compliquées, car la réunion peut s'opérer en quatre à cinq jours par première intention. L'autopsie montre qu'il existe des communications vasculaires entre les deux individus M. Bert a vu également la soudure s'établir entre deux individus dont l'un avait la paroi abdominale ouverte. Cependant ce dernier mourut au bout de six jours et deux heures après, son conjoint, qui jusque là avait joui d'une santé parfaite, mourait en état d'anémie, tandis que le cadavre du premier était gorgé de sang.

Les greffes siamoises ont réussi entre le rat albinos (*Mus rattus*) et le surmulot, (*M. decumanus*) ainsi qu'entre le rat albinos et le rat de Barbarie (*M. striatus*). Entre rats et chats elles ont généralement échoué, quelquefois cependant une adhérence s'est établie entre le rongeur et le carnassier. Cette adhérence a toujours eu lieu par les parties profondes, mais point par la peau. Les greffes entre batraciens n'ont jamais donné que des résultats négatifs, sans doute à cause de la lenteur de la cicatrisation des plaies chez ces animaux.

Différents organes (utérus, ovaires, etc.) de ratte peuvent être introduits impunément dans la cavité péritonéale des rats et quelquefois s'y greffer. Ordinairement ces organes se transforment en kystes purulents.

M. Bert expose de nombreuses expériences dans lesquelles des queues, des pattes, etc. ont été insinuées dans le tissu cellulaire sous-cutané. Ces transplantations réussissent généralement bien sur des individus de même espèce et les organes transplantés continuent de croître et de se développer. Quelquefois cependant il y a élimination par suppuration. Des expériences semblables faites sur des individus d'espèce différente n'ont généralement pas été couronnées de succès.

De nombreuses tentatives ont été faites par M. Bert pour obtenir la greffe d'un membre qui vivrait, non plus entièrement caché sous la peau, mais en grande partie au dehors à la façon des membres parasitaires des monstres polyméliens. Les résultats n'ont pas été heureux entre des individus différents. En revanche la greffe autosite d'un animal sur lui-même (queue greffée sur le dos chez le rat avec circulation en sens inverse de la circulation normale) réussit fort bien.

Nous avons accordé une attention spéciale dans cette revue au second chapitre du travail de M. Bert, consacré aux recherches de l'auteur. Les deux chapitres suivants ne peuvent qu'être indiqués dans cette analyse. L'un présente un résumé sommaire de l'état actuel de la science, un historique concis depuis les autoplasties des Hindous, jusqu'aux recherches de M. Ollier et à l'uronoplastie de M. Langenbeck. L'auteur passe en revue les principales questions physiologiques qui se rapportent à la greffe et qui ont trait à sa possibilité, à ses conditions de réussite, aux modifications ultérieures qu'elle subit. M. Bert nous promet des recherches futures dont nous désirons voir bientôt les résultats enrichir le livre de la science.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1864.

Le 1er. le matin, dépôt de givre.
- 2, id. brouillard dans la matinée.
- 3, brouillard le matin.
- 7, hauteur de la neige tombée dans la nuit, 30mm.
- 8, un peu de neige dans la matinée, en quantité non mesurable.
- 10, faible halo solaire de 3 h. à 4 h. 30 m.
- 11, hauteur de la neige tombée dans la nuit, 15mm.
- 12, hauteur de la neige tombée pendant 2 heures de la soirée, 10mm.
- 13, depuis 7 h. 30 m. du soir, magnifique couronne lunaire.
- 14, brouillard dans la matinée; couronne lunaire et faible halo lunaire dans la soirée, depuis 6 h. 30 m.
- 15, forte gelée blanche, brouillard dans la matinée: faible halo solaire de 10 h. 30 m. à 3 h. 30 m.; couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
- 17, neige dans l'après-midi; elle fond à mesure qu'elle tombe.
- 20, un peu de neige dans l'après-midi, en quantité non mesurable.
- 21, id. id.
- 23, de 2 h. 15 m. à 3 h. 45 m.. halo solaire, on voit par moments les deux parhélies et l'arc supérieur tangent au halo ordinaire: dans la soirée, depuis 8 h. 30 m. à 11 h. couronne lunaire et halo lunaire, accompagné des deux parasélènes qui sont très-brillants, celui à l'Est de la lune jusqu'à 9 h. 25 m. et celui à l'Ouest jusqu'à 9 h. 50 m., de l'arc tangent supérieur au halo ordinaire et d'un arc de 15° du cercle circumzénithal; ces deux derniers sont visibles jusqu'à 9 h. 30 m.
- 24, gelée blanche le matin; brouillard dans la soirée.
- 25, brouillard le matin jusqu'à midi, avec faible dépôt de givre; le brouillard se reforme dans la soirée.
- 26, brouillard le matin jusqu'à 10 h.
- 28, brouillard le matin jusqu'à 8 h.; faible halo solaire de 10 h. à 11 h. 15 m. et de 2 h. à 2 h. 30 m.; on ne voit plus de neige sur le petit Salève.
- 29, éclairs et tonnerres de 1 h. 40 m. à 2 h. 10 m. L'orage passe de l'Ouest à l'Est-Sud-Est. Violente averse au milieu de l'orage.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2, à 10 h. matin...	737,60	Le 6, à 4 h. soir.....	718,00
7, à midi	721,02	10, à 10 h. soir.....	712,00
14, à 6 h. matin...	737,55	17, à 3 h. soir.....	721,40
17, à 10 h. soir.....	724,36	21, à 6 h. matin ...	710,27
22, à 8 h. soir.....	723,17	23 à 4 h. soir.....	720,46
24, à midi....	724,81	29, à 2 h. soir	717,61

GENÈVE. — FÉVRIER 1864.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim	o	o	o	o	mm	mm.					mm.				o	o	pouces
1	736.85	+ 9.69	— 4,03	—4,18	— 8,7	+ 0,2	3,18	—0,97	923	+ 73	760	1000	...	..	SSO. 1	0,37	3,9	— 0,5	27,0
2	736,85	+ 9,72	— 2,34	—2,55	— 7,8	+ 4,5	3,37	—0,78	875	+ 26	500	1000	...	..	S. 1	0,36	4,4	0,0	26,5
3	735,91	+ 8,81	— 2,06	—2,33	— 7,7	+ 4,1	3,48	—0,68	871	+ 24	660	1000	...	..	SSO. 1	0,20	4,7	+ 0,3	26,0
4	729,88	+ 2,82	+ 0,94	+0,61	— 3,5	+ 4,0	4,13	—0,03	832	— 13	680	930	0,9	3	variable	0,94	4,9	+ 0,5	26,0
5	725,39	— 1,63	+ 0,26	—0,14	— 1,1	+ 2,0	3,87	—0,30	840	— 3	730	890	...	..	NNE. 3	0,46	3,7	— 0,8	26,0
6	719,20	— 7,78	— 1,14	—1,61	— 1,4	+ 0,2	3,48	—0,70	843	+ 2	740	880	...	..	NNE. 3	1,00	3,3	— 1,2	26,0
7	720,63	— 6,31	— 3,42	—3,96	— 5,4	— 1,0	3,11	—1,07	898	+ 59	800	1000	1,1	6	SSO. 1	0,99	..	....	26,0
8	718,98	— 7,92	— 4,87	—5,48	— 7,2	— 1,0	2,80	—1,39	890	+ 53	730	1000	0,2	3	SSO. 1	0,86	4,7	+ 0,2	25,0
9	717,21	— 9,62	— 6,33	—7,01	—10,0	— 1,9	2,30	—1,89	827	— 8	600	970	...	..	SSO. 1	0,38	...	.....	25,0
10	715,48	—11,34	— 5,76	—6,52	—11,9	— 0,9	2,52	—1,68	835	+ 2	660	1000	...	..	SSO. 1	0,64	3,8	— 0,8	25,0
11	718,08	— 8,69	— 1,57	—2,41	— 4,7	+ 4,1	3,01	—1,20	766	— 64	450	1000	0,5	3	S. 1	0,57	3,9	— 0,7	24,7
12	728,48	+ 1,76	— 4,06	—4,98	—10,0	+ 0,5	2,91	—1,30	817	+ 20	640	1000	0,6	2	SSO. 1	0,81	3,7	— 0,9	24,0
13	733.25	+ 6,57	+ 4,00	+3,00	— 2,1	+11,6	5,42	+1,20	872	+ 47	740	940	...	..	variable	0,41	4,6	0,0	24,0
14	736,59	+ 9,96	+ 3,84	+2,75	— 0,7	+11,4	5,46	+1,24	901	+ 78	680	1000	...	..	SSO. 1	0,31	...	.....	24,0
15	733,10	+ 6,52	+ 4,14	+2,96	— 1,7	+11,2	5,41	+1,18	864	+ 43	640	1000	..	..	S 1	0,72	4,9	+ 0,2	24,0
16	728,31	+ 1,78	+ 6,08	+4,81	+ 0,6	+11,7	5,83	+1,60	817	— 2	640	960	2,4	5	variable	0,84	4,9	+ 0,2	24,0
17	722,60	— 3,88	+ 3,31	+1,95	+ 0.3	+10,0	4,60	+0,37	822	+ 5	580	960	3,4	7	variable	0,97	5,0	+ 0,3	24,0
18	723,16	— 3,27	+ 0,21	—1,24	— 2,3	+ 3,0	3,83	—0,41	830	+ 16	700	970	...	..	NNE. 2	0,61	4,8	0,0	24,0
19	722,90	— 3,48	— 3,92	—6,46	— 4,6	— 0,2	2,70	—1,51	816	+ 4	700	1000	...	..	NNE 3	0,76	..	....	24,0
20	718,72	— 7,61	— 4,33	—5,97	— 5,5	— 2,6	2,82	—1,43	874	+ 64	740	1000	0,4	4	NNE. 2	1,00	2,7	— 2,1	24,0
21	711,76	—14,52	— 1,05	—2,79	— 3,9	+ 1.5	3,73	—0,52	883	+ 76	730	970	0,5	3	S. 1	0,91	...	.....	24,0
22	721,90	— 4,33	+ 3,31	+1,47	+ 0,8	+ 7.5	4,27	+0,01	746	— 59	560	870	...	..	SSO. 1	0,67	4,7	— 0,2	24,0
23	721,21	— 4,97	+ 3,57	+1,63	+ 0,8	+ 8,0	4,55	+0,29	734	— 18	600	920	..	..	SSO. 1	0,78	5,0	0,0	24,0
24	724,15	— 1,98	+ 2,40	+0,36	— 1,4	+ 6,0	5,18	+0,91	935	+136	830	1000	0,5	2	SSO. 1	0,74	4,9	— 0,1	24,0
25	724,24	— 1,83	+ 1,82	—0,32	— 2,0	+ 5,8	5,22	+0,95	978	+181	770	1000	0,8	3	variable	0,96	4,9	— 0,1	24,0
26	723,91	— 2,10	+ 4,80	+2,55	+ 1,9	+11,0	5,68	+1,40	896	+102	620	1000	. .	..	variable	0,49	5,0	— 0,1	24,0
27	722,91	— 3,04	+ 5,52	+3,16	+ 2,0	+10,9	6,24	+1,96	915	+124	730	980	0,4	2	variable	0,90	5,4	+ 0,3	24,0
28	720 88	— 5.02	+ 5,80	+3,33	+ 2,0	+10.7	5,72	+1,43	836	+ 47	690	1000	...	..	SO. 1	0,86	...	.....	24,0
29	717,95	— 7,90	+ 5,23	+2,65	+ 2,2	+ 8.9	5,88	+1,59	882	+ 96	770	950	4,3	6	variable	0,91	5,8	+ 0,6	24,0

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1864.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	726,36	726,47	726,33	725,76	724,90	724,65	724,81	724,91	724,86
2e »	726,55	726,85	727,00	726,76	725,89	725,92	726,44	726,75	726,87
3e »	720,74	721,11	721,25	721,19	720,75	720,62	721,06	721,57	721,96
Mois	724,68	724,94	724,98	724,69	723,95	723,84	724,21	724,50	724,65
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 5,60	— 4,97	— 2,45	— 0,10	— 0,14	— 0,40	— 1,59	— 2,65	— 3,24
2e »	— 1,53	— 1,51	+ 0,95	+ 3,04	+ 3,99	+ 3,31	+ 1,88	+ 0,90	+ 0,46
3e »	+ 0,81	+ 1,48	+ 4,22	+ 5,37	+ 6,45	+ 6,27	+ 4,78	+ 3,77	+ 2,77
Mois	— 2,21	— 1,78	+ 0,79	+ 2,71	+ 3,33	+ 2,95	+ 1,58	+ 0,57	— 0,10
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	2,93	2.88	3,21	3,47	3,39	3,52	3,45	3,29	3,13
2e »	4,11	3.79	4,12	4,46	4,52	4,42	4,44	4,08	4,13
3e »	4,61	4,74	5,20	5,45	5,38	5.59	5,41	5,27	5,08
Mois	3,86	3,77	4,14	4,43	4,40	4,47	4,40	4,18	4,08
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	960	912	834	753	736	777	846	869	867
2e »	973	899	812	747	717	731	819	808	846
3e »	941	919	824	809	742	791	843	869	902
Mois	959	910	823	768	731	766	836	844	871

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 6,47	+ 1,02	0,62	4,17	2,2	25 8
2e »	— 3,07	+ 6,07	0,70	4,31	7,3	24.1
3e »	+ 0,27	+ 7,81	0,80	5,10	6,5	24.0
Mois	— 3,21	+ 4,87	0,70	4,50	16,0	24,7

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,17 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 13°,9 O. et son intensité est égale à 13 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1864.

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1864.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
1	568,47	+ 8,27	567,40	568,96	— 8,11	+ 1,34	—10 6	— 5,6	......	......	......	SO. 1	0,16
2	568,97	+ 8,79	568,65	569,29	— 8,71	+ 0,73	— 9,8	— 5,6	......	......	......	SO. 1	0,00
3	568,29	+ 8,13	567,35	569,22	— 8,08	+ 1,35	—10,6	— 5,0	......	......	......	SO. 1	0,01
4	561,52	+ 1,38	559,26	564,43	— 9,59	— 0,18	—14,5	— 4,8	15	1,2	4	NE. 2	0,61
5	554,88	— 5,24	553,26	556,91	—16,03	— 6,63	—16,6	—14,4	20	1,5	5	NE. 2	1,00
6	550,29	— 9,81	549,63	551,34	—13,06	— 3,68	—14,8	— 9,0	80	4,6	9	SO. 1	1,00
7	550,59	— 9,49	550,23	551,05	—17,04	— 7,68	—19,6	—13,8	70	4,2	7	NE. 1	1,00
8	547,82	—12,24	547,35	548,38	—20,04	—10,70	—21,6	—17,4	40	3,7	2	NE. 2	1,00
9	547,35	—12,69	546,96	548,14	—19,54	—10,23	—21,6	—15,0	......	......	......	NE. 1	0,01
10	547,49	—12,54	546,99	547,90	—18,15	— 8,87	—19,8	—15,9	......	......	......	SO. 1	0,53
11	550,81	— 9,20	547,48	554,45	—15,78	— 6,52	—17,5	—11,6	20	1,3	8	NE. 2	1,00
12	561,05	+ 1,06	557,90	564,75	— 6,47	+ 2,76	—13,0	— 0,5	5	0,5	2	NE. 1	0,73
13	569,55	+ 9,57	566,53	571,69	+ 1,75	+10,95	— 3,0	+ 6,4	20	1,5	2	NE. 1	0,27
14	572,32	+12,36	571,72	573,13	+ 0,51	+ 9,68	— 2,2	+ 5,3	......	......	......	SO. 1	0,08
15	569,70	+ 9,76	568,33	570,95	+ 0,34	+ 9,48	— 2,8	+ 4,0	......	......	......	SO. 1	0,73
16	564,38	+ 4,45	561,93	566,37	— 2,15	+ 6,95	— 3,4	+ 1,3	40	1,1	6	NE. 1	0,83
17	554,38	— 5,53	552,70	558 05	—10,44	— 1,37	—15,2	— 4,4	210	16,5	1	NE. 3	1,00
18	553,41	— 6,49	553,09	553,76	—15,66	— 6,63	—16,7	—13,3	10	1,3	2	NE. 2	0,74
19	552,62	— 7,27	551,84	553,93	—17,74	— 8,75	—20,4	—14,7	......	......	......	SO. 2	0,73
20	553,55	— 6,32	552,90	554,20	—16,13	— 7,18	—17,5	—14,2	5	0,4	1	SO. 2	1,00
21	549,72	—10,14	547,83	552,66	— 9,83	— 0,93	—11,2	— 7,5	10	0,7	8	SO. 3	1,00
22	558,68	— 1,16	555,30	560 70	—10,88	— 2,02	—12,3	— 8,1	......	......	......	SO. 1	0,92
23	559,43	— 0,40	558,95	560,28	— 5,78	+ 3,04	— 7,2	— 4,3	20	1,8	5	SO. 3	1,00
24	560 98	+ 1,16	560,35	561,45	— 5,82	+ 2,95	— 6,4	— 3,9	......	......	......	SO. 1	0,88
25	560,87	+ 1,06	560,54	561,19	— 6,49	+ 2,23	— 7,8	— 4,6	......	......	......	SO. 1	0,63
26	560,45	+ 0,65	560,12	560,93	— 6,59	+ 2,08	— 8,4	— 3,4	......	......	......	SO. 1	0,21
27	559,63	— 0,16	559,24	559,89	— 7,52	+ 1,09	—10,2	— 5,1	......	......	......	SO. 1	0,62
28	558,41	— 1,38	557,31	559,80	— 7,29	+ 1,27	— 8,1	— 6,0	50	4,2	6	SO. 1	0,99
29	554,82	— 4,96	554,48	555,60	— 6,28	+ 2,23	— 9,0	— 2,8	20	2,2	5	NE. 1	0,78

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermométrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1864.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	557,12	557,15	557,20	556,76	556,23	556,13	556,21	556,26	556,20
2e »	559,80	560,08	560,12	560,07	559,78	559,97	560,40	560,77	560,78
3e »	557,63	557,88	557,90	557,99	557,93	558,07	558,36	558,64	558,77
Mois	558,20	558,39	558,43	558,29	557,98	558,06	558,32	558,56	558,58
Température.									
1re décade,	−14°,68	−14°,13	−12°,28	−11°,22	−11°,50	−13°,32	−14°,26	−14°,74	−15°,33
2e »	− 9,70	− 9,19	− 6,96	− 5,53	− 5,96	− 6,97	− 8,28	− 8,78	− 9,07
3e »	− 8,62	− 8,09	− 6,76	− 5,70	− 5,63	− 6,59	− 7,21	− 7,36	− 7,39
Mois	−11,08	−10,55	− 8,73	− 7,54	− 7,77	− 9,01	−10,01	−10,39	−10,71

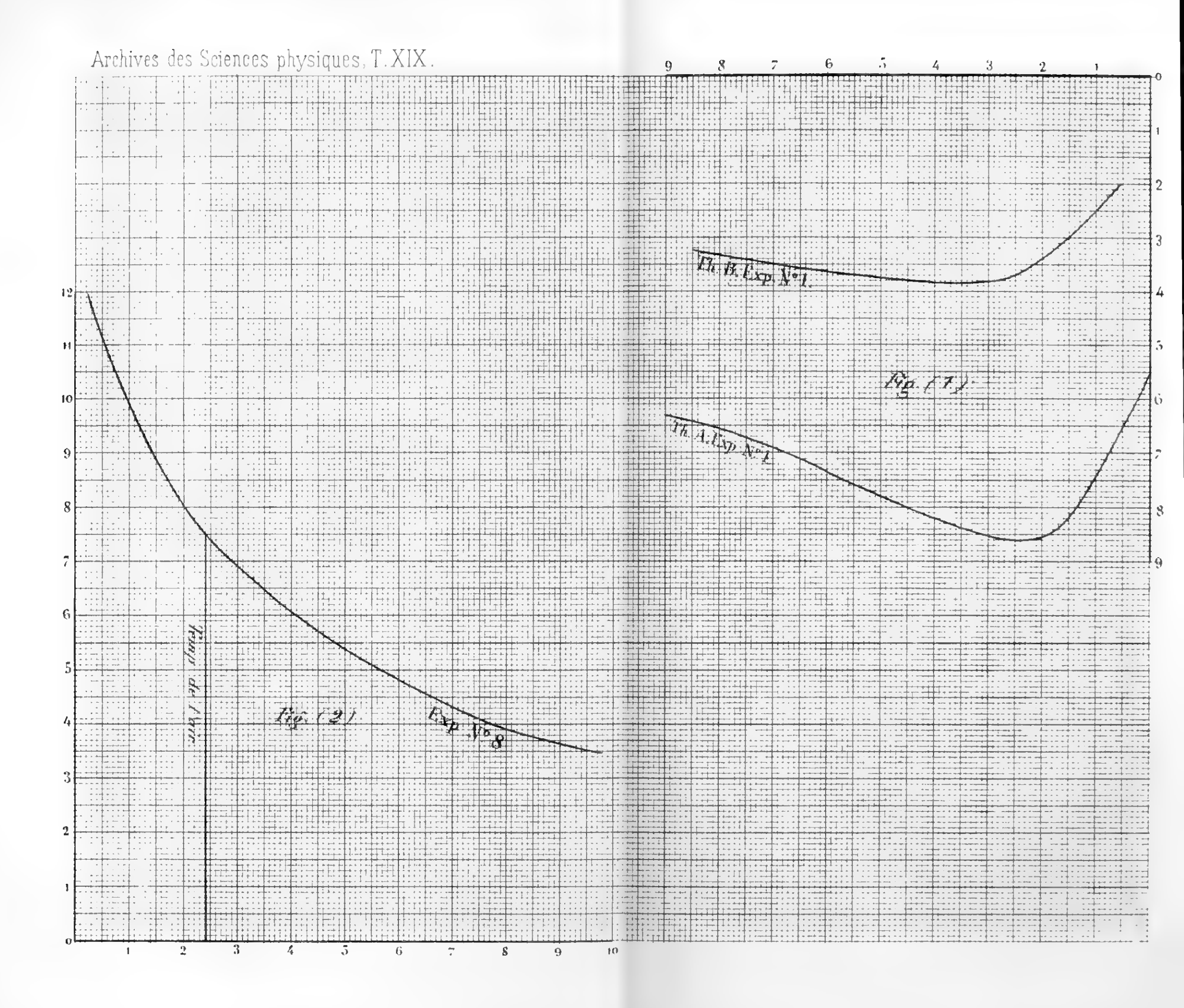
	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	−15,95	−10,65	0,53	15,2	220
2e »	−11,17	− 4,17	0,71	22,6	310
3e »	− 8,96	− 5,08	0,78	8,9	100
Mois	−12,13	− 6,69	0,67	46,7	630

Dans ce mois, l'air a été calme 22 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,08 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 5 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.


Fig. (1)
Th. B. Exp. N° 1.
Th. A. Exp. N° 1.
Fig. (2)
Exp. N° 8
Temp. de l'air

DE LA CONSTITUTION DU SOLEIL

PAR

M. EMILE GAUTIER.

(Lu à la *Société de physique et d'Histoire naturelle* de Genève, dans sa séance du 3 mars 1864.)

(Suite.)

Une première note[1] publiée à propos des découvertes de M. G. Kirchhoff sur la composition chimique du soleil et sur les vues nouvelles déduites par ce savant quant à sa structure physique, nous a donné l'occasion d'émettre quelques idées particulières sur ce même sujet. Nous avons accueilli avec une entière satisfaction ses conclusions générales sur la fluidité du globe solaire et sur l'atmosphère dont il est entouré ; mais nous les avons modifiées en ce qui concerne la nature du phénomène des taches.

Faire rentrer le soleil dans la loi commune de formation et d'existence des corps du système, en simplifiant les conceptions relatives à sa nature, nous a paru un progrès réel pour la science, en chassant une partie des mystères dont on avait compliqué un sujet encore si ardu et si rebelle à toute investigation directe. Ce progrès sera acquis, si la nouvelle théorie réussit, en remplaçant

[1] *Archives* T. XVIII, p. 209, nov. 1863.

l'hypothèse Herschélienne, à rendre compte des apparences du soleil d'une manière plus naturelle qu'en recourant à un noyau obscur aperçu accidentellement au travers de deux enveloppes: une photosphère brillante, de nature, d'épaisseur et de consistance totalement ignorées et inassimilable à aucun corps connu, et une couche nébuleuse interposée à laquelle récemment M. Dawes voudrait en ajouter une autre encore, pour expliquer les différences d'obscurité du noyau.

Un globe en fusion composé en grande partie des mêmes éléments que la terre et entouré d'une atmosphère comme elle, mais de dimensions beaucoup plus considérables, telle est l'idée fondamentale de la nouvelle théorie. M. Kirchhoff explique les taches par la formation de nuages, se condensant dans l'atmosphère solaire sous l'influence d'un refroidissement de température partiel, et devenant assez opaques pour intercepter tout à fait les rayons du soleil. Il est obligé d'avoir recours à des conceptions ingénieuses, mais fort compliquées, pour rendre compte de l'existence et des caractères de la pénombre. Dans son ensemble, l'explication au moyen de nuages, correspond difficilement avec les apparences que présentent les taches à l'observateur. Tous les détails de ces apparences nous ont paru s'accorder d'une manière plus heureuse avec l'hypothèse émise par nous et les attribuant à des solidifications partielles de la surface du globe solaire.

La continuation de nos études sur les apparences présentées par des métaux en fusion, nous a confirmé dans la pensée que cette explication concorde avec les faits observés. Quoiqu'il y ait encore plusieurs de ces faits dont il soit impossible de connaître la cause, nous allons

passer en revue les travaux récents publiés sur le soleil, pour essayer de faire cadrer notre théorie avec eux.

Nous venons de faire remarquer combien l'hypothèse de solidifications partielles à la surface du soleil répond mieux qu'aucune autre aux *apparences* des taches. Leur opacité, leurs formes si nettement accusées, leurs contours si tourmentés et si brusques, leur *persistance* surtout, sont autant de caractères qui conviennent mieux à des solides flottant sur la matière en fusion, qu'à des nuages ou à des vapeurs suspendues dans l'atmosphère solaire. Les filets lumineux traversant parfois le milieu obscur des taches, ou y formant des saillies, en forme de promontoires ou de presqu'îles qui subsistent pendant un certain temps, plusieurs jours, par exemple, peuvent s'expliquer par des fissures survenant dans la croûte de matière solide. Leurs analogues se rencontrent dans les métaux en fusion, à la surface desquels une couche d'oxyde ou d'un sel quelconque vient à se former, en changeant continuellement de contour extérieur.

Par la concentration successive des éléments qui, jaillissant de l'intérieur de la masse liquide, viennent se rejoindre suivant la loi d'attraction des corps flottants, l'îlot qui existait au début, augmente d'étendue et devient une île, bientôt un continent. Tout à coup, il se fendille, se brise, son centre prend une épaisseur plus considérable, et tout autour la matière surnageant se contracte et se modifie en une succession de formes bizarres et variant à l'infini, par le fait de mouvements intérieurs convulsifs, souvent très-rapides. Pendant ces transformations, des crevasses ou fissures peuvent persister un certain temps et, laissant apercevoir la surface liquide in-

candescente, offrir l'apparence à laquelle nous faisions allusion dans les taches.

Tout nous fait présumer que les choses se passent de même lors de la formation des taches à la surface du soleil. La densité et la température du corps en fusion sont, il est vrai, fort différentes. La première, très-inférieure à celle des principaux métaux, doit à peine dépasser celle de l'eau près de la surface, puisque la densité moyenne du soleil est 1,4 et qu'il est très-probable qu'elle va en croissant vers l'intérieur suivant une progression inconnue[1]. Toutefois, les expériences de M. Kirchhoff l'ont prouvé, les métaux connus sur la terre existent dans le soleil: sous quelle forme, alliés à quels corps, dans quel état physique? c'est ce qu'on ne peut dire. Mais il est présumable que l'énorme chaleur du globe auquel ils appartiennent, a donné à leurs molécules des rapports de cohésion réciproque très-différents de ce que nous sommes habitués à voir ici bas. Élevés à des températures de milliers de degrés, les alliages solaires en fusion, tout en demeurant liquides, peuvent être raisonnablement supposés infiniment plus dilatés ou dispersés et par conséquent moins denses, qu'ils ne le seraient, si ces températures venaient à baisser. Nous croyons cependant que leur état physique demeure liquide. La forme régulière et si nettement terminée sous laquelle se présente le globe du soleil ne nous paraît pas conciliable avec un état gazeux, et ce qui se présente dans le phénomène des protubérances nous en fournit une confirmation.

[1] Même à cette densité, on pourrait trouver un analogue aux croûtes surnageant sur le disque solaire en fusion, dans la pierre ponce, substance volcanique et charriée par les eaux à la surface de la terre.

La manière dont ce phénomène a été signalé à l'attention des astronomes, pendant les éclipses totales, lui a fait appliquer un nom qui, suivant l'opinion de savants éminents, se rapporte à la partie au lieu de désigner le tout. Nous avons exposé naguère notre conviction [1], en nous servant des termes usités en 1851 par M. de Littrow, que les protubérances et les bordures rouges, observées vers le commencement et la fin des éclipses totales, forment une couche générale entourant la photosphère. Cette couche ou enveloppe rosée, de consistance floconneuse ou analogue aux fumées, et en suspension dans l'atmosphère solaire a une surface extérieure tout à fait accidentée, présentant de grandes aspérités et probablement aussi de vastes solutions de continuité. Selon toute vraisemblance, la surface du soleil présenterait de même des rugosités, sinon aussi considérables, du moins perceptibles à nos investigations, si l'état physique de cette surface était gazéïforme. Or il n'en est rien, les grossissements de nos lunettes nous montrent le disque du soleil bien défini et régulier. Si les ouragans, si les actions extérieures ou intérieures, qui viennent agiter ses flots incandescents, y produisent des aspérités, elles sont trop peu accentuées pour que nous puissions les discerner. Il nous semble qu'il y a dans ce fait une forte présomption en faveur de la conclusion de M. Kirchhoff relative à la liquidité de la masse du soleil.

Un témoignage considérable a été émis, il y a deux ans, par le vétéran des observateurs du soleil, dans un sens opposé. M. Schwabe, célèbre par sa découverte d'une loi de périodicité dans l'apparition des taches,

[1] *Archives* T. IX p. 246, 1860.

croit [1] avoir reconnu un point remarquable et fixe à la surface du soleil, présentant une forme comparable à celle d'une montagne annulaire de la lune, et cela pendant au moins seize rotations successives. Ce point ordinairement signalé par un groupe de taches, ne l'était parfois aussi que par un nuage lumineux affectant la forme précitée. Il en induit que le soleil est un corps obscur, dont la surface montueuse est recouverte de la matière lumineuse de l'espace, agglomérée autour d'elle par la puissante attraction de sa masse et qui se condense en plus grande quantité autour de ses sommités, comme nos nuages s'amoncellent autour des montagnes de la terre.

Nous objecterons timidement à ces déductions d'un astronome praticien, qui observe le soleil depuis près de quarante ans, avec une persévérance exemplaire, qu'il nous est difficile de nous représenter le fluide lumineux, impondérable, attiré par la masse du soleil et suivant exceptionnellement la loi de gravitation dans cette occasion. Mais nous allons trouver d'autres motifs de les contester dans une série de travaux fort remarquables sur le sujet, publiés dès 1861, par un astronome prussien, M. le prof. Spörer, établi à Anclam, en Poméranie.

A peu près à la même époque, M. Carrington [2] à Londres et M. Spörer [3] à Anclam, se livrant à une étude suivie des taches solaires et prenant isolément les diverses séries d'observation d'un même groupe pour en déduire la durée de la rotation de l'astre, ont confirmé et déve-

[1] *Astronomische Nachrichten*, T. 57, N° 1368.
[2] *Monthly Notices of the R. Astr. Soc.* T. XX, p. 257.
[3] *Astronomische Nachrichten.* T. 55 à 60, *passim.*

loppé un résultat déjà entrevu par Scheiner et qui consiste en ceci : Suivant que l'on se sert, pour calculer la durée de la rotation du soleil, de taches éloignées ou rapprochées de l'équateur solaire, le temps trouvé comme résultat du calcul est plus ou moins long. En d'autres termes, les points voisins de l'équateur solaire achèvent leur révolution autour de son axe en un temps plus court que ceux qui sont situés sur les parallèles plus distants. Ainsi une tache observée à une latitude de + 1°,55 fournit une durée de rotation de 24,5 jours; une autre tache à + 24°,63 de latitude héliographique, une durée de rotation de 26,1 jours. La loi de décroissance dans la rapidité du mouvement rotatoire est à peu près régulière avec l'augmentation des latitudes, et symétrique des deux côtés de l'équateur. On découvre aussi des déplacements en latitude, mais beaucoup moins considérables.

Pour rendre compte de ce phénomène bizarre, les auteurs de ces travaux ont employé le terme de *courants* pour exprimer les déplacements relatifs des taches sur les diverses zones. M. Spörer [1], adoptant une certaine valeur moyenne pour l'angle de rotation diurne d'un point de la masse solaire et comparant avec cette valeur les mouvements des divers points de la surface, en conclut qu'il règne sur l'équateur solaire un courant considérable, dans le sens du mouvement rotatoire, savoir de l'ouest à l'est. Autrement dit, il règne à l'équateur de puissants vents d'ouest; dans les zones entre 5 et 13 degrés de latitude boréale et australe des vents alternant d'occident et d'orient, et dans les zones plus dis-

[1] *Astr. Nachrichten*. T. 57, p. 38, n° 1347.

tantes de l'équateur des vents d'est seulement. Mais ceci n'est, bien entendu, et l'auteur le remarque formellement, qu'une manière de s'exprimer, destinée à faciliter l'intelligence du sujet et qui, nous le verrons bientôt, ne pourrait se justifier en réalité.

Indépendamment de ces courants généraux qui entraînent toutes les taches d'une même zone, certaines d'entre elles subissent aussi des perturbations irrégulières et individuelles.

Quelques-unes présentent un mouvement prononcé en latitude, tandis que d'autres n'en ont qu'un imperceptible.

Parfois la mensuration directe de l'écartement de deux taches, a fait constater une augmentation de leur distance mutuelle en longitude, prouvant qu'à la même époque et pour des régions peu éloignées, il se manifeste des ouragans d'intensité très-différente. Au même moment, mais à une plus grande distance (60° au lieu de 20° en longitude, par exemple), une troisième tache présentait un déplacement correspondant à un courant de vitesse presque égale à celle de l'une des deux premières.

Une même tache observée pendant quatre périodes consécutives, quoique se déplaçant d'une quantité insensible en latitude, n'a pas présenté la même vitesse à chaque apparition, et ses changements de vitesse, ou autrement dit, les variations d'intensité des vents qui l'entraînaient, ont coïncidé avec de notables changements dans la forme de la tache. Ces changements de forme ont pu rendre l'observation plus difficile et par conséquent altérer son exactitude, mais quelles que puissent être les erreurs commises, on ne peut expliquer par leur moyen les différences de valeurs de l'angle de rotation correspondant.

La naissance et la disparition des taches est accompagnée quelquefois de l'irruption de violents ouragans ou de changements brusques dans leur direction.

Ces faits intéressants, recueillis par M. Spörer [1], sont les conséquences déduites de ses observations et de ses calculs. Il a aussi comparé ses propres matériaux avec les affirmations de M. Schwabe, mentionnées tout à l'heure et relatives aux apparitions successives d'un groupe de taches, pour l'intervalle compris entre février 1861 et août 1863. Cet intervalle lui permet de contrôler douze des données de Schwabe, et il trouve que pour embrasser les diverses taches correspondantes, il faut un espace de la surface solaire s'étendant entre 18° et 96° de longitude et entre 9° et 21° de latitude héliographique.

Dans le nombre de ces taches, il s'en présente une, observée pendant 5 rotations en 1861. Elle était entourée de facules pendant que des vents d'est l'ont entraînée de 71° à 40° en longitude et que sa latitude a varié de 14° à 20°. La trace de cette tache a été coupée par celle d'une autre, observée pendant trois apparitions en 1862, également entourée de facules, et qui se déplaça de 75° à 62° en longitude. L'auteur ne croit donc pas possible que Schwabe ait toujours vu le même groupe de taches. Même pour les cas où les taches indiquées par lui à des périodes consécutives étaient indubitablement identiques, le résultat qu'il émet se trouve contredit par l'observation.

[1] Voir *Astron. Nachrichten*, t. 55 à 60, et un opuscule publié par lui sous le titre : *Die Stürme auf der Sonne*. br. in-4°. Anclam, 1863.

M. Spörer de tous ces faits tire la conclusion suivante :

Aucune hypothèse sur la constitution du soleil, faisant correspondre les taches solaires avec des points fixes, situés à la surface de cet astre, ne peut être tenue pour juste.

La théorie d'Herschel ne lui paraît du reste étayée d'aucune preuve. Celle qu'on a le plus souvent invoquée en sa faveur, savoir l'observation de Wilson, est loin d'être concluante. Indépendamment des objections tirées de considérations physiques, qu'on a faites à cette théorie, il est fort malaisé de faire cadrer les changements de place des taches, tout en conservant fréquemment leurs formes, avec des déchirements dans la photosphère. Comment cette persistance de formes seraitelle possible, s'il faut supposer l'enveloppe du soleil, entraînée dans toute son épaisseur, avec une vitesse diurne de plusieurs centaines de lieues, et conservant néanmoins, sans altération apparente, les vastes cavités en forme d'entonnoirs qui la percent?

Aussitôt que l'on cherche l'explication des taches dans des phénomènes se passant dans l'atmosphère solaire, il est plus facile de faire concorder leurs déplacements avec des conceptions admissibles, du moins en apparence, d'ouragans, de courants ou de tourbillons, plus ou moins analogues à ceux que nous éprouvons à la surface de la terre. Mais à quelle origine attribuer ces mouvements de l'atmosphère solaire? Elle n'est pas comme la nôtre exposée à une source calorifique extérieure et dont l'action change constamment de direction et d'intensité. L'influence principale à laquelle elle est soumise provient de la masse incandescente elle-même qu'elle entoure, sans

perturbation possible analogue à celles du jour, de la nuit ou des saisons. La présence de courants semblables à nos vents alisés ne saurait donc être encore justifiée. Les expériences du P. Secchi sur les différences d'intensité calorifique du centre et des bords du soleil, ont indiqué une diminution réelle de chaleur transmise quand on va du centre à la circonférence du disque. Mais l'explication essayée de ce fait est tirée de ce que les rayons calorifiques ont à traverser, pour arriver jusqu'à nous, une couche atmosphérique ou une enveloppe quelconque plus considérable, lorsqu'ils émanent des bords du disque que de son centre.

On ne peut induire avec certitude d'une diminution de chaleur reçue à la surface de la terre, une diminution réelle d'intensité de la source calorifique elle-même. D'ailleurs, si c'est à une action de ce genre qu'il faut attribuer les déplacements des taches, si, admettant leur assimilation à des nuages qu'adopte M. Kirchhoff, elles sont suspendues et entraînées dans l'atmosphère par des tourbillons de nature inconnue, ne serait-ce pas plutôt dans une direction contraire à celle que constate l'observation qu'auraient lieu ces déplacements? Les courants polaires ou tendant à modifier les latitudes sont plausibles dans les deux sens, mais il nous paraît difficile d'imaginer un vent persistant, parallèle à l'équateur et dans le sens du mouvement rotatoire, assez puissant pour chasser les nuages solaires vers l'est avec des vitesses de 30 à 40 milles géographiques à l'heure.

Malgré la difficulté que nous signalons, M. Spörer, comparant la théorie de M. Kirchhoff à celle de Herschel, n'hésite pas, en présence des résultats de ses études, à la considérer comme beaucoup plus admissible. Il fait

cependant une très-sérieuse objection à sa manière de concevoir les taches, qui vient s'ajouter à celles que nous avons déjà présentées, entre autres à l'impossibilité d'expliquer les ponts étroits de matière lumineuse qui viennent souvent couper leur noyau.

Si ce sont des nuages flottant dans l'atmosphère solaire qui produisent les apparences des taches, par le fait de l'épaisseur des dits nuages, les plus grandes taches devraient toujours se voir près des bords du disque. Or ceci n'est le cas qu'exceptionnellement et dans les cas les plus nombreux, les taches disparaissent sous forme de lignes déliées avant d'atteindre le bord du soleil. Il est vrai que l'obscurcissement relatif des régions voisines des bords rend plus difficile l'observation des taches fort amincies par la projection. Des grossissements considérables seront nécessaires pour élucider complétement ce point. On peut voir dans une note récente de M. Dawes [1] l'importance qu'attache aussi cet astronome à cette condition.

Tout au rebours des taches, c'est près des bords du soleil que s'observent le mieux et le plus souvent les facules. Ceci est une conséquence naturelle d'un effet de contraste en même temps que de projection. Si, comme nous le pensons avec M. Kirchhoff, les facules sont le résultat de l'apparition de substances en fusion ou en ébullition plus brillantes que les autres, lorsqu'elles viennent à rompre, à déchirer l'enveloppe rosée ou telle autre couche imparfaitement diaphane de sa surface, leur apparition sera surtout sensible là où cet effet obscurcissant est le plus prononcé. Une expérience, due à l'obligeance

[1] *Monthly Notices*, t. XXIV, p. 33.

de MM. les employés au Bureau de garantie de Genève, nous a procuré des apparences tout à fait comparables à celles des facules. Assistant à la fusion d'un mélange de métaux, où se trouvaient à la fois de l'or, de l'argent, du cuivre, du zinc, etc., nous avons été empêché d'observer la surface du liquide incandescent, tant que le zinc était assez abondant pour produire une vapeur brillante et opaque et qui la couvrait entièrement. Lorsqu'il est devenu plus rare, sa vaporisation s'est manifestée sous forme d'explosions ou d'éclairs persistant parfois pendant quelques secondes, parfois aussi venant briser ou disjoindre les commencements d'oxydation ou de croûtes solides qui venaient de se former. Nous ne pensons pas que rien puisse être mieux assimilé aux facules solaires, et nous sommes fort tenté d'expliquer de la même manière la singulière observation faite par M. Carrington à Redhill le 1 septembre 1859, et confirmée par M. Hodgson à Highgate [1].

Au moment où le premier de ces astronomes venait de terminer le dessin d'un groupe important de taches, deux jets de lumière blanche, fort éclatants, surgirent du milieu du groupe et cela d'une manière si soudaine et si intense, qu'il eut au premier instant l'impression qu'un rayon direct de lumière venait de traverser quelque trou de l'écran obscurcissant, placé devant l'objectif de sa lunette. La première surprise passée, il constata en faisant mouvoir son instrument, que le phénomène en était tout à fait indépendant et qu'il avait son siége dans le soleil. Désireux de se procurer quelque autre témoin de l'événement, il courut chercher un assistant. Malheureu-

[1] *Monthly Notices*, t. XX, p. 13 et 15.

sement, pendant l'intervalle qu'employa cette recherche, l'apparition avait beaucoup diminué d'éclat, les jets de lumière paraissaient s'être déplacés et au bout de peu de moments rien n'était plus visible, sans que le groupe de taches parût le moins du monde déformé. Cette circonstance donna à M. Carrington l'impression que le phénomène s'était passé à une certaine élévation au-dessus de la surface du soleil, idée difficile à concilier avec l'énorme chemin parcouru par ce météore en si peu de temps : au moins 12,000 lieues en cinq minutes.

M. Hodgson, le second observateur qui a eu l'heureuse chance d'apercevoir aussi cette curieuse apparition, fait remarquer sa coïncidence avec de fortes perturbations subies au même moment par l'aiguille aimantée à l'observatoire de Kew. Quoique ce fait soit jusqu'ici entièrement isolé, il a apporté une confirmation, qui a été la bienvenue aux savants qui se sont occupés de la connexité existante entre les taches solaires et le magnétisme terrestre. On sait que, presque à la même époque, dans le courant de 1852, M. le général Sabine, mon oncle M. Alfred Gautier et M. R. Wolf ont été frappés de la concordance inattendue, manifestée par la comparaison de la période décennale relative aux taches et celle des variations de l'aiguille aimantée. Cette découverte ne leur a toutefois permis de tirer aucune induction sur le mode de formation des taches et facules solaires, et si l'on peut présumer que des phénomènes magnétiques importants *accompagnent* leur apparition, il n'est guère possible d'attribuer à cet agent mystérieux le rôle principal dans leur production.

Il n'y a donc rien dans ces considérations qui doive infirmer l'hypothèse du soleil liquide incandescent et les

développements que nous avons hasardés dès lors. M. R. Wolf, si expert dans la matière, reconnaît lui-même[1] que, toute l'apparence des taches semble bien moins correspondre à une photosphère gazeuse, qu'à celle qu'offrirait un liquide visqueux. Le travail incessant qui s'opère dans l'intérieur de ce liquide peut, nous l'avons dit, donner lieu à des émissions de vapeurs plus brillantes les unes que les autres et les éruptions soudaines, aperçues par M. Carrington, peuvent être ainsi expliquées.

Si l'hypothèse du soleil liquide répond mieux qu'une autre à l'apparence générale des taches, les expériences héliothermiques du Père Secchi reçoivent une explication également satisfaisante de l'assimilation des taches à des corps interposés, nuages ou croûtes solides. Ce savant physicien a trouvé une diminution très-notable de chaleur émise par les points de la surface solaire, couverts de taches. On pouvait prévoir ce résultat, et il s'accorde avec l'une et l'autre manière de voir.

Mais la partie délicate de cette étude doit avoir pour but de faire cadrer notre théorie avec les faits acquis à la science par M. Spörer, et c'est à quoi nous allons nous attacher. Déjà nous avons vu l'impossibilité de supposer un courant atmosphérique entraînant les taches de la zone équatoriale *dans le sens du mouvement rotatoire*, avec les vitesses considérables déterminées par l'observation, si on assimile ces taches à des nuages suspendus dans l'atmosphère solaire. Avec l'hypothèse des solidifications partielles de la surface, les taches ne sont plus suspendues dans l'atmosphère, mais elles font partie de la surface elle-même, elles sont mobiles sur cette surface,

[1] *Mittheilungen über die Sonnenflecken*, N° IX, p. 227. Zurich, 1854-1859.

elles y flottent comme un navire sur l'océan, et tout en étant solidaires des mouvements du fluide qui les supporte, elles peuvent subir des déplacements sous l'influence de causes extérieures et intérieures.

Or ces deux espèces d'influences existent dans le soleil. Nous avons indiqué, en le comparant à ce qui se passe dans un creuset contenant un alliage métallique en fusion, le mode de formation des taches solaires, considérées comme des oxydes ou des sels se condensant en agrégats de diverses formes à la surface du liquide. Cette condensation, qui s'opère par des apports successifs de matière, est accompagnée de soubresauts très-marqués et de déplacements rapides des corps surnageants ; ce sont les effets de l'influence interne du corps en fusion.

Quant à l'influence externe, elle gît dans l'atmosphère solaire, probablement beaucoup plus épaisse que la nôtre et contenant, par suite de l'élévation de la température, une foule de matières réduites à l'état gazeux. La pression qu'elle exerce à la surface est certainement beaucoup plus considérable que celle du mélange d'oxygène et d'azote qui forme l'air de la nôtre. A ces gaz et aux vapeurs légères, analogues à celles du milieu que nous habitons, il faut ajouter d'abondantes quantités de matières minérales, métalliques ou terreuses, maintenues à l'état gazeux par l'énorme température de la fournaise sous-jacente. Les expériences de M. Kirchhoff ont démontré leur existence. On peut donc supposer que les différentes substances sont placées par couches autour du soleil dans l'ordre de leurs densités. La première ou inférieure, étant formée par les vapeurs les plus lourdes, comme celles des éléments, fer, cuivre, zinc, etc., dont la présence est constatée, et mêlées sans doute à des

poussières métalliques provenant de la condensation partielle des vapeurs de ces éléments ; et ici nous retrouvons l'équivalent de l'enveloppe rosée, qui produit les apparences des protubérances.

Or cette couche atmosphérique surchargée des émanations du corps incandescent et entraînée avec les couches supérieures par le mouvement de rotation du soleil, doit nécessairement produire à sa surface un frottement qui, joint aux actions intérieures de la masse en fusion, a pour conséquence immédiate les phénomènes dont nous avons donné la description tout à l'heure, d'après les études de M. Spörer. Il est, en effet, impossible de supposer les diverses couches de l'atmosphère solaire entraînées par le mouvement rotatoire du globe central avec la même vitesse angulaire. Dès lors, ce qui nous a paru une anomalie, devient au contraire une déduction logique des données du problème.

Isolé dans l'espace et doué d'un mouvement de rotation commun à toute sa masse, supposée liquide, le soleil ne pourrait présenter le caractère indiqué d'une accélération relative des points de sa surface situés près de l'équateur. Les mouvements internes (péristaltiques) de la masse en fusion, résultant du non équilibre entre ses diverses parties et de leur pénétration réciproque, ne sauraient entraîner qu'une diminution de vitesse des points équatoriaux. Mais si une action extérieure s'y ajoute, telle que le frottement d'une atmosphère enveloppante, l'accélération observée en est la conséquence mathématique, ainsi qu'a bien voulu nous l'indiquer notre collègue, M. Ch. Cellérier.

En effet, le frottement en question exerce sur toute la surface du corps en mouvement une action retardatrice.

Pour un point quelconque de la surface, cette action est fonction de la vitesse et du cosinus de la latitude. Elle va par conséquent en augmentant du pôle à l'équateur. L'action des couches inférieures du globe en fusion, qui entretient le mouvement de rotation, est aussi fonction de la vitesse et du même cosinus. Mais l'expression mathématique de cette action s'exerçant dans l'intérieur d'un liquide dont les molécules peuvent se mélanger et les couches se pénétrer les unes les autres, renferme, comme facteur, la vitesse à une puissance plus élevée que celle du frottement entre deux couches qui ne se pénètrent pas. Elle va donc en augmentant à mesure que la latitude diminue et cela dans une proportion plus forte que le frottement atmosphérique, et il en résulte en définitive l'accélération observée dans le mouvement rotatoire de la région équatoriale.

Ainsi s'explique d'une manière rationnelle le phénomène en question dans son ensemble. L'absence de données sur les densités comparatives des deux corps en présence, la masse liquide en fusion et la couche atmosphérique en contact avec elle, nous empêchent de calculer d'une manière approximative leur action réciproque. Au premier abord, les effets constatés peuvent paraître hors de proportion avec la cause qui les produit. Toutefois le principe général que nous venons d'énoncer est rigoureusement vrai, l'incertitude où nous nous trouvons quant à l'intensité de ses effets, ne doit pas nous empêcher d'en reconnaître la réalité. La science pourra donner plus tard les moyens de les calculer.

Quant aux irrégularités que présentent les mouvements des taches, une fois leur marche générale admise, tout nous autorise à nous en rendre compte, soit par

les soubresauts intérieurs de la masse en fusion, soit par des ouragans naissant dans l'atmosphère enveloppante. Les actions chimiques, s'accomplissant dans l'intérieur du globe liquide, accompagnées d'énormes dégagements d'électricité, doivent y entretenir de perpétuelles tempêtes et être une cause constante de perturbations dans le mouvement général des corps flottants à la surface, comme aussi dans leurs formes. Les diverses couches de l'atmosphère prennent également part à ces conflagrations et les bourrasques qui doivent en résulter viennent concourir à ces perturbations, sans qu'il soit possible de leur assigner aucune loi.

Nous ne pouvons songer à expliquer pour le moment les périodes signalées par MM. Schwabe, R. Wolf, etc., dans l'apparition des taches, mais quelle que soit la théorie admise, on ne le peut pas davantage, et cette impossibilité existe au même degré pour celles du magnétisme terrestre. Nous en dirons autant des limites constatées par l'observation, aux zones où se rencontrent les taches.

Il est un caractère des taches qui a donné naissance à l'hypothèse Herschélienne fondée, on le sait, sur l'observation de Wilson et tendant à les assimiler à des cavités ou à des approfondissements dans la surface du soleil. Ce caractère a été généralement attribué aux taches en même temps que l'hypothèse correspondante s'est répandue. Récemment encore, renchérissant sur ce qui a été précédemment admis, M. Dawes [1] établit une classification entre elles, en distinguant les taches *profondes* et les taches *superficielles*. Nous ne nous arrêterons pas à développer cette manière de voir, basée sur les *trois*

[1] *Monthly Notices*, t. XXIV, p. 56.

enveloppes du censé noyau solaire ou, comme il l'appelle, du corps même du soleil. Remarquons, toutefois, combien il est difficile d'admettre trois enveloppes superposées de substances différentes, ne se mélangeant point, malgré les tourbillons qui s'y produisent, sans parler des objections tirées des études de M. Spörer.

Le P. Secchi a évidemment senti cette difficulté et dans un article récent[1], modifiant dans un sens opposé la théorie d'Herschel, il cherche à expliquer les apparences des taches par une seule couche enveloppante, à laquelle il conserve le nom de photosphère. Des cavités se produisent dans cette enveloppe et se remplissent, suivant lui, de gaz moins brillants et que l'on distingue souvent tournoyant en tourbillons. Ainsi définie, l'explication des taches ne se trouve pas très-distante de celle de M. Kirchhoff. Le seul point restant à éclaircir est de savoir si ce qu'on appelle le noyau obscur est une portion d'un fond général placé sous la photosphère, ou s'il est produit par l'opacité d'un nuage ou d'une masse refroidie, interceptant les rayons de la partie lumineuse, sous-jacente de la surface solaire. Le P. Secchi, après avoir donné de fort bonnes raisons contre l'hypothèse des nuages, admet l'existence d'une enveloppe photosphérique, ayant un éclat supérieur à celui du noyau intérieur. Celui-ci n'est point nécessairement solide ni liquide, mais il peut aussi être supposé gazeux et muni toutefois d'une densité plus considérable.

La réduction du nombre des enveloppes solaires est un progrès auquel nous applaudissons; mais il ne nous est pas possible de considérer comme un fait acquis à la

[1] *Bulletino meteorologico.* Roma, 31 janv. 1864.

science, le caractère susmentionné des taches et sur lequel est fondée la théorie encore généralement répandue. L'idée de cavités attachée à la formation des taches nous paraît reposer sur une illusion, et M. Spörer partage cette pensée. « On a, dit-il[1], attaché un grand poids au fait que, d'après Wilson, la pénombre des taches situées près du bord du soleil est plus large du côté du bord et plus étroite du côté du centre du disque. Les observations modernes ne présentent en aucune façon des apparences aussi simples pour les taches voisines du bord du soleil, et déjà Schröter l'avait démontré. Il s'était attaché d'une manière spéciale à prémunir les astronomes contre toute conclusion tendant à faire admettre comme de réelles élévations ou comme de réels enfoncements, ce qui pouvait *paraître* tel à la surface du soleil. Ceci n'a pas besoin d'être élucidé, depuis que, par l'introduction du stéréoscope, les conditions nécessaires pour faire distinguer un corps d'une surface sont universellement connues. Lors donc que Herschel induit de mensurations directes un approfondissement de quelques centaines de milles pour le noyau de certaines taches, nous ne saurions trouver dans ces chiffres aucun titre à l'appui de son hypothèse. »

Après l'exposé de ces diverses études, nous croyons pouvoir émettre comme suit le résumé de nos vues sur la constitution du soleil, nous rendant parfaitement compte d'ailleurs de tout ce qu'elles renferment encore d'hypothétique.

I. Le soleil est un globe liquide, incandescent, composé d'éléments pareils à ceux qui entrent dans la com-

[1] *Die Stürme auf der Sonne*, p. 15.

position de la terre et probablement dans celle des planètes du système. Il se trouve dans un état analogue à la phase de liquidité par laquelle a passé la terre, suivant l'opinion généralement accréditée des géologues. La haute température qui y règne et qui entretient la liquidité de ses éléments, a pour conséquence de dilater considérablement leur volume et elle explique la densité relativement faible du globe en fusion.

II. Une atmosphère enveloppe la masse liquide et renferme en suspension des vapeurs ou émanations de tout genre, en sorte que ses couches inférieures doivent être comparativement plus lourdes que celles de l'atmosphère terrestre. Le mouvement rotatoire du globe central ne peut être supposé transmis à son enveloppe gazeuse jusqu'aux limites les plus élevées de celle-ci, avec la même vitesse angulaire. On peut donc présumer que l'atmosphère solaire est susceptible d'exercer sur la surface liquide une action analogue à celle d'un frottement.

III. Les émanations ou vapeurs métalliques entourant le soleil et imprégnées de poussières, de fumées ou de laves, forment autour de lui une couche d'épaisseur variable et présentant lors des éclipses totales les apparences des bordures rouges et des protubérances.

IV. Les taches solaires sont des solidifications partielles de la surface, dues soit à des refroidissements, soit à des actions chimiques réunissant momentanément en agrégats des sels ou oxydes issus de la masse en fusion et flottant à sa surface. Au bout d'un certain temps (qui peut dépasser une année terrestre), l'action chimique d'autres éléments ou un échauffement de température fondent de nouveau ces corps. Le noyau obscur des taches correspond à la partie la plus épaisse de la croûte

solide, la pénombre à la pellicule qui, dans toute formation de ce genre, observée à la surface de métaux en fusion, se produit invariablement autour du sel ou de la scorie. L'une et l'autre sont susceptibles de se fendre et de produire ainsi des fissures laissant apercevoir la masse en fusion brillante, sous la forme des ponts lumineux des taches.

V. Les facules sont le résultat de l'apparition à la surface du soleil de substances plus éclatantes ou douées d'un pouvoir rayonnant plus considérable. Les circonstances inhérentes à l'enveloppe rosée du globe solaire peuvent aussi concourir à donner à sa surface l'apparence pommelée ou moutonnée qu'elle présente.

VI. L'accélération observée dans le mouvement de rotation des taches situées près de l'équateur solaire, est le résultat de l'action extérieure de la pression atmosphérique sur la surface liquide, combinée avec celle des couches intérieures de la masse en fusion. Quant aux irrégularités accidentelles constatées dans le mouvement des taches, soit en latitude, soit en longitude, elles proviennent du manque d'équilibre physique et chimique existant entre les divers composants de cette masse et entraînant des tourbillons fréquents, aussi bien dans l'intérieur du globe que dans l'atmosphère enveloppante.

SUR LA

MOBILITÉ MOLÉCULAIRE DES GAZ

PAR

M. TH. GRAHAM [1].

Nous étudierons principalement la mobilité moléculaire des gaz dans ce qui a rapport au passage des gaz à travers une plaque ou septum poreux, sous l'influence d'une pression, et à la séparation partielle de gaz mélangés que l'on peut produire par ce moyen, ainsi que nous le montrerons. On a été conduit à cette étude à la suite de recherches nouvelles et étendues sur la diffusion des gaz (qui dépend aussi de la mobilité moléculaire); elle a amené à certains résultats nouveaux qui présentent de l'intérêt au point de vue théorique comme au point de vue pratique.

Dans le Diffusiomètre, tel qu'il avait été construit d'abord, un tube de verre cylindrique, de 10 pouces de longueur environ et d'un diamètre intérieur un peu inférieur à un pouce, était simplement fermé à une extrémité par une plaque poreuse de plâtre de Paris, d'un tiers de pouce d'épaisseur environ, et était ainsi converti en un récipient à gaz. Depuis lors, on a reconnu la supério-

[1] Traduction d'un mémoire publié dans le *Philosophical Magazine*. Déc. 1863.

rité comme plaque poreuse du graphite artificiellement composé de M. Brockedon, de l'espèce employée pour faire les crayons à écrire. Cette substance se vend à Londres sous la forme de petites masses cubiques dont les faces ont deux pouces carrés environ. On peut facilement couper un de ces cubes en tranches d'un ou deux millimètres d'épaisseur, au moyen d'une scie formée d'un ressort d'acier. En frottant ensuite la surface de la tranche, sans la mouiller, sur une plaque de grès, on peut réduire son épaisseur à un demi-millimètre environ. On prend un disque circulaire de ce graphite, qui a l'épaisseur d'un pain à cacheter, mais qui possède une cohésion considérable, et on le mastique avec un ciment résineux à l'extrémité d'un tube de verre pareil à celui qui a été décrit ci-dessus, de façon à le fermer et à en faire un diffusiomètre (Voyez planche, fig. 1). On remplit le tube d'hydrogène sur la cuve à mercure; pendant cette opération, on empêche la diffusion de se produire au travers de la plaque poreuse en la couvrant hermétiquement avec une feuille mince de gutta-percha (fig. 2). Lorsqu'on enlève ensuite cette dernière, la diffusion gazeuse s'effectue immédiatement au travers des pores du graphite. Tout l'hydrogène sort du tube en quarante minutes ou une heure, et est remplacé par une beaucoup plus petite proportion d'air atmosphérique (environ un quart), conformément à la loi de la diffusion des gaz. Pendant l'expérience, le mercure s'élève dans le tube, s'il est libre de le faire, et forme une colonne de plusieurs pouces de haut, fait qui démontre d'une manière frappante l'intensité de la force de pénétration de différents gaz.

Le graphite naturel est d'une structure lamellaire, et semble avoir peu ou point de porosité. On ne peut pas le

substituer au graphite artificiel comme diaphragme de diffusion. La terre cuite non vernie est, après le graphite, la substance qui convient le mieux pour ce but.

Les pores du graphite artificiel semblent réellement si fins, qu'un gaz *en masse* ne peut pas du tout pénétrer la plaque. Il semble que les molécules seules puissent passer ; et on peut supposer qu'elles passent sans être le moins du monde gênées par le frottement, car les plus petits pores qu'on puisse imaginer dans le graphite doivent être, relativement aux derniers atomes d'un corps gazeux, d'une grandeur comparable à celle de tunnels. Le seul agent de transmission paraît résider dans le mouvement intérieur des molécules, mouvement que l'on s'accorde aujourd'hui à reconnaître comme une propriété essentielle de l'état gazeux de la matière.

D'après une hypothèse physique, maintenant généralement adoptée[1], on peut se représenter un gaz comme composé de particules ou d'atomes solides parfaitement élastiques, qui se meuvent dans toutes les directions, et qui sont animés de vitesses différentes chez les divers gaz.

Enfermées dans un vase, les particules en mouvement sont constamment frappées contre les parois, et parfois elles se choquent les unes contre les autres, et ces contacts ont lieu sans aucune perte de mouvement à cause de la parfaite élasticité des particules. Si le vase qui les contient est poreux, comme c'est le cas du diffusiomètre,

[1] D. Bernouilli, J. Herapath, Joule, Krœnig, Clausius, Herk, Maxwell et Cazin. C'est à M. Herapath principalement que revient le mérite d'avoir renouvelé cette hypothèse et de l'avoir appliquée le premier à l'explication de la diffusion des gaz. (Voy. *Mathematical Physics*, en deux volumes, par J. Herapath, 1847.)

(*Note de l'auteur.*)

alors le gaz dans le mouvement moléculaire qui vient d'être décrit, se projette à travers les passages ouverts et s'échappe. En même temps, l'air extérieur s'introduit à l'intérieur de la même manière, et prend la place du gaz qui sort du vase. C'est à ce mouvement atomique ou moléculaire que sont dues la force élastique et la faculté de résister à la compression que possèdent les gaz. Le mouvement moléculaire est accéléré par la chaleur et retardé par le froid : la tension du gaz augmente dans le premier cas et diminue dans le second. Même dans le cas où à l'intérieur et à l'extérieur du vase il se trouve un même gaz, qui est en contact avec les deux côtés de notre plaque poreuse, le mouvement continue sans diminution, et les molécules continuent à entrer et à sortir du vase en nombre égal, bien que ce phénomène ne soit indiqué ni par un changement de volume, ni autrement. Si les gaz mis en communication sont différents, mais qu'ils possèdent la même pesanteur spécifique et la même vitesse moléculaire, comme c'est le cas de l'azote et de l'oxyde de carbone, l'échange des molécules se produit aussi sans aucun changement de volume. En opposant des gaz de densité et de vitesse moléculaire inégales, l'introduction cesse naturellement d'être égale dans les deux sens.

Après ces observations préliminaires, nous allons nous occuper du passage à travers une plaque de graphite, et dans une direction seulement, d'un gaz sous l'influence d'une pression ou de sa propre force élastique. Nous devons supposer que l'on maintient le vide de l'un des côtés du diaphragme poreux, et que l'air ou tout autre gaz, sous pression constante, soit en contact avec l'autre côté. Un gaz peut passer dans un espace vide de trois

manières différentes, ou de deux manières outre celle qui se présente immédiatement devant nous.

1° Le gaz peut entrer dans l'espace vide en passant à travers une petite ouverture percée dans une plaque mince, telle qu'un trou fait par une pointe fine d'acier dans une lame de platine. La vitesse du passage de différents gaz dépend alors de leurs pesanteurs spécifiques, d'après une loi que le professeur John Robison a déduite du théorème bien connu de Torricelli, sur la rapidité d'écoulement des fluides. Un gaz se précipite dans le vide avec la vitesse qu'acquerrait un corps pesant, en tombant de la hauteur d'une atmosphère composée du gaz en question et supposée tout entière d'une densité uniforme. La hauteur d'une atmosphère uniforme serait en raison inverse de la densité du gaz; l'atmosphère de l'hydrogène, par exemple, serait seize fois plus élevée que celle de l'oxygène. Mais comme la vitesse qu'un corps pesant acquiert dans sa chute, n'est pas proportionnelle à la simple hauteur, mais bien à la racine carrée de la hauteur, la vitesse de l'écoulement des divers gaz dans le vide sera en raison inverse de la racine carrée de leur densité. La vitesse de l'oxygène étant 1, celle de l'hydrogène sera égale à la racine carrée de 16, soit 4. Cette loi a été vérifiée expérimentalement.[1] Les durées relatives de l'*effusion* des gaz sont, comme je l'ai dit, semblables aux durées de diffusion moléculaire; mais il est important d'observer que les phénomènes d'effusion et de diffusion sont distincts et essentiellement différents par leur nature. Le mouvement d'effusion affecte les masses de gaz, celui de diffusion affecte les molécules;

[1] On the motion of gazes. *Philosophical Transac.* 1846, p. 573.

et un gaz est en général entraîné par la première sorte d'impulsion avec une vitesse plusieurs milliers de fois plus grande que par la seconde.

2° Si l'ouverture d'écoulement est percée dans une plaque d'une épaisseur plus grande, et prend ainsi la forme d'un tube, la vitesse d'effusion est troublée. Les vitesses d'écoulement de divers gaz, cependant, redeviennent en rapport constant, les unes relativement aux autres, lorsque le tube capillaire s'allonge considérablement, quand, par exemple, la longueur dépasse le diamètre d'au moins 4000 fois. Ces nouvelles proportions d'écoulement constituent les vitesses de *transpiration capillaire* des gaz.[1] On trouve que les vitesses sont les mêmes dans un tube capillaire en cuivre et dans un tube en verre; elles paraissent être indépendantes de la matière qui compose le tube; une couche de gaz adhère sans doute à la surface du tube, le frottement est réellement celui du gaz sur le gaz, et n'est pas influencé, par conséquent, par la substance du tube. Les vitesses de transpiration ne sont pas déterminées par la pesanteur spécifique, et sont réellement singulièrement différentes des vitesses d'effusion.

La vitesse de transpiration de l'oxygène étant 1, celle du chlore est 1.5, celle de l'hydrogène 2.26, celle de la vapeur d'éther la même ou presque la même que celle de l'hydrogène; celle de l'azote et de l'oxyde de carbone la moitié de celle de l'hydrogène; celle du gaz oléfiant, de l'ammoniaque, et du cyanogène est exprimée par 2 (le double ou près du double de l'oxygène); celle de l'acide carbonique 1.376, et celle du gaz des marais 1.815.

[1] *Ibidem*, p. 591, et *Philosophical Transact.*, 1849, p. 349.

Dans le même gaz, la vitesse de transpiration augmente quand la densité s'accroît, que cet accroissement soit occasionné par le froid ou par la pression.

Les rapports de transpiration des gaz ne paraissent être en relation directe avec aucune autre propriété des mêmes gaz, et elle forme une classe de phénomènes tout à fait à part, au milieu de ceux jusqu'ici connus.

Il y a une propriété de transpiration, qui est en rapport immédiat avec la perméabilité de la plaque de graphite par les gaz. Le corps capillaire présente au passage du gaz une résistance analogue à celle du frottement, proportionnelle à la surface, et augmentant par conséquent lorsque les tubes augmentent en nombre et diminuent en diamètre, tandis que la section d'écoulement reste la même. La résistance qu'un corps capillaire oppose au passage d'un liquide est, d'après Poiseuille, environ comme la quatrième puissance du diamètre du tube. Dans les gaz, la résistance augmente aussi rapidement, mais dans quelle proportion, c'est ce que l'on n'a pas encore observé. Cependant on peut conclure avec certitude, que comme le diamètre des orifices capillaires peut être diminué au delà de toute limite assignable, on peut aussi ralentir indéfiniment l'écoulement, et le rendre assez faible pour qu'il ne soit plus appréciable. Nous pouvons alors avoir un aggrégat de tubes capillaires dont la somme des sections est très-grande, mais qui individuellement sont trop petits pour permettre un écoulement sensible d'un gaz comprimé. Une masse poreuse solide peut posséder la même perméabilité réduite que l'aggrégat de tubes capillaires. En réalité, l'état de porosité décrit semble se rapprocher plus ou moins de celui de toute masse minérale mal aggrégée, telle que le mortier de

chaux, le stuc, la craie, la terre cuite, les poudres terreuses non-cristallines, comme l'hydrate de chaux ou de magnésie rendu compacte par compression, et au plus haut degré peut-être par le graphite artificiel.

3° Une plaque de graphite artificiel, quoiqu'elle paraisse pratiquement imperméable au gaz par l'un des deux modes de passage déjà indiqués, est rapidement pénétrée par le moyen du mouvement moléculaire ou diffusif des gaz. On s'en aperçoit en comparant le temps nécessaire au passage à travers la plaque de volumes égaux de divers gaz sous une pression constante. Pour les trois gaz, oxygène, hydrogène et acide carbonique, on a précédemment observé que le temps nécessaire au passage de volumes égaux de chacun à travers un tube de verre capillaire, dans les mêmes circonstances de pression et de température, est représenté par les chiffres suivants :

	Temps de transpiration capillaire de volumes égaux.
Oxygène	1
Hydrogène	0.44
Acide carbonique	0.72

Maintenant, à travers une plaque de graphite d'un demi-millimètre d'épaisseur, on a observé que les mêmes gaz, sous la pression constante d'une colonne de mercure de 100 mm de hauteur, ont traversé dans les temps indiqués ci-dessous :

	Temps du passage moléculaire.	*Racine carrée de densité (oxygène 1.)*
Oxygène	1	1
Hydrogène	0.2472	0.2502
Acide carbonique	1.1886	1.1760

On voit que la durée du passage au travers de la plaque de graphite n'a pas de rapport avec la durée de transpiration moléculaire des mêmes gaz rapportée plus haut. Cependant, les nouvelles durées en question ont une relation intime avec les racines carrées des densités des gaz respectifs, comme on le voit dans le dernier tableau ; et elles s'accordent aussi avec les *durées de diffusion théoriques* attribuées ordinairement aux mêmes gaz.

Ces résultats ont été obtenus au moyen du diffusiomètre à graphite, auquel nous avons déjà fait allusion, et qui était formé d'un simple tube de verre de 22^{mm} de diamètre environ, fermé à une extrémité par la plaque de graphite. Afin d'amener le gaz à la surface supérieure de la plaque de graphite, on a formé au-dessus de la plaque une petite chambre dans laquelle on amenait le gaz avec une vitesse modérée par le tube d'entrée *e* (fig. 3), tandis que le gaz en excès s'échappait constamment dans l'air par l'ouverture du tube de sortie *i*. La chambre était formée d'un bout de tube de verre d'environ 2 pouces de longueur, cimenté sur l'extrémité supérieure du diffusiomètre. L'ouverture supérieure de ce tube court était fermée par un bouchon traversé par les tubes d'entrée et de sortie. On observe que dans cette disposition la surface supérieure de la plaque de graphite était constamment baignée par un courant de gaz, sous la seule pression de l'atmosphère, puisque le tube de sortie restait ouvert. Le gaz était toujours séché avant d'arriver à la chambre. Le diffusiomètre était placé sur le mercure, et on le soulevait ou l'abaissait en employant le mouvement de levier, adopté par le prof. Bunsen dans ses expériences très-exactes sur la diffusion des gaz.[1]

[1] *Bunsen's Gasometrische Methoden*, 1857.

Pour obtenir la pression de 100^{mm} de mercure, le diffusiomètre était d'abord complétement rempli de mercure et ensuite élevé dans le vase. Le gaz entrait graduellement jusqu'à ce que la colonne de mercure dans le tube tombât à 100^{mm}. On maintenait alors le mercure à cette hauteur, en élevant graduellement le tube en proportion de l'entrée du gaz et de l'abaissement du mercure, de manière à maintenir entre le niveau du mercure dans le tube et dans le vase, une différence constante de 100^{mm} obtenue à l'aide de la graduation gravée sur le tube lui-même. L'expérience consiste à observer le temps exprimé en secondes que le mercure emploie pour tomber de 10 divisions millimétriques avec chaque gaz. Le volume constant du gaz qui entrait était 2,2 centimètres cubes (0,1342 pouces cubes). Deux expériences ont été faites pour chaque gaz.

L'oxygène est entré en 898 et 894 secondes, moyenne 896 secondes; l'hydrogène en 222 et 221 secondes, moyenne 221,5 secondes; l'acide carbonique en 1070 et 1060 secondes, moyenne 1065 secondes.

Dans ces expériences, le même gaz se trouve des deux côtés du diaphragme dont il occupe aussi les pores. Mais le mouvement moléculaire dans les pores, suivant une direction descendante, n'est pas complétement contrebalancé par le mouvement moléculaire dans la direction ascendante, car le gaz intérieur au-dessous du diaphragme a une tension de 100^{mm} inférieure à celle du gaz extérieur au-dessus du diaphragme. La proportion de gaz qui s'est introduit indique la différence du mouvement moléculaire dans des directions opposées. La tension totale du gaz au-dessus du diaphragme étant de 760^{mm}, celle au-dessous serait de 660^{mm}, et les mouvements des-

cendant et ascendant sont représentés par ces nombres respectivement.

Pour augmenter l'inégalité de tension et favoriser le passage du gaz à travers la plaque de graphite, on a employé ensuite un tube de diffusion de 48 pouces de longueur, c'est-à-dire de la dimension d'un tube de baromètre, au moyen duquel on pouvait produire le vide de Torricelli. La cuve pneumatique sur laquelle ce tube à gaz était suspendu consiste en un tube de gutta-percha de longueur égale, fermé au fond par un bouchon, et s'élargissant en forme d'entonnoir au sommet. Dans une des modifications de l'instrument, on a trouvé commode d'adapter un tube capillaire de verre au côté du diffusiomètre, à 15 millim. environ de l'extrémité supérieure du tube. On obtenait ainsi dans cette partie du tube une ouverture qui permettait de faire échapper le gaz contenu dans le diffusiomètre, en enfonçant ce dernier dans la cuve à mercure. Un tube flexible muni d'une pince était adapté au tube capillaire, dont nous venons de parler, de manière à ce que l'on pouvait le fermer. On pouvait aussi soutirer par cette même ouverture une partie du gaz contenu dans le diffusiomètre, lorsque l'on désirait l'examiner.

Dans une autre modification plus pratique de ce diffusiomètre barométrique et pour obtenir un grand espace au-dessus de la colonne de mercure, on adaptait au-dessus du long tube de verre, dépourvu de plaque de graphite, un flacon de verre d'une capacité d'un demi-litre. Ce flacon ou plutôt cette cloche (fig. 4) était ouverte à sa base. Elle était assujettie dans une position renversée, comme on le voit dans la figure 5, à l'extrémité ouverte du long tube de verre *d*, à l'aide d'un bouchon et

de mastic. La large ouverture supérieure était fermée par une plaque circulaire de gutta-percha (fig. 5) d'environ 10 millim., ou près d'un demi-pouce d'épaisseur. Ce disque de gutta-percha était percé de deux trous, en *f* et *g* (fig. 6), dont le premier laissait passer un large tube de verre. Ce tube *f* était fermé en bas par la plaque de graphite, et en haut par un bouchon percé portant un tube de la grosseur d'un tuyau de plume *e*, qui formait le tube d'entrée du gaz ; il était accompagné du tube ordinaire de sortie *i*. L'autre ouverture, percée dans le couvercle de gutta-percha portait un simple tube de même grosseur *h*, qui ne descendait pas au-dessous du niveau de la gutta-percha, et formait le tube d'échappement. Il n'y avait aucune difficulté à rendre tous ces joints hermétiques, en appliquant la lame chauffée d'un couteau sur la gutta-percha en contact avec le verre, de manière à la fondre. La gutta-percha est vraiment une substance très-précieuse pour la construction des appareils à gaz. La plaque de graphite elle-même ne devait pas avoir une épaisseur de moins d'un millimètre, afin de pouvoir supporter la pression d'une atmosphère entière, à laquelle est soumis cet appareil. Le diffusiomètre barométrique est soutenu par une corde passant sur la poulie, et maintenu en équilibre par un contrepoids suspendu.

Dans l'expérience, la première opération consiste à expulser l'air du tube barométrique et de la chambre supérieure. A cet effet, on plonge complétement l'instrument (fig. 7) dans la cuve à mercure précédemment décrite, jusqu'à ce qu'il soit tout à fait rempli, et que le mercure pénètre dans le tube de sortie *h*. On ferme alors, en le pinçant, le tuyau de caoutchouc qui en forme le pro-

longement. On élève le diffusiomètre de 30 à 40 pouces, et le mercure tombe dans le tube de verre jusqu'à ce qu'il soit à la hauteur du baromètre au moment où l'on opère, et que la chambre supérieure soit entièrement vide. Pendant ce temps, on fait arriver le gaz qu'on veut étudier sur la surface supérieure de la plaque de graphite, exactement comme dans l'expérience avec le premier diffusiomètre. Le graphite est pénétré par le gaz, et le mercure dans le tube diffusiomètre commence à s'abaisser, mais il tombe lentement, à cause de la dimension considérable de l'espace vide qui doit se remplir. On le laisse s'abaisser d'un pouce environ ; on note alors exactement le moment, observé sur une montre, où le mercure passe à un certain point de la graduation du tube ; puis on note encore le moment où le mercure atteint un autre point, situé à un pouce ou deux au-dessous du premier On détermine ainsi la durée en secondes de la transmission d'un certain volume de gaz. On répète immédiatement l'expérience avec deux ou plusieurs gaz successivement, sous les mêmes circonstances de pression, et en prenant tout le soin nécessaire pour maintenir l'uniformité de température pendant toute la durée de l'expérience.

Dans une série de quatre expériences faites avec l'hydrogène, le mercure s'est abaissé de 758 à 685 millim. (29.9 à 27 pouces) en 252, 256, 254 et 256 secondes ; moyenne, 254.5 secondes.

Dans trois expériences avec l'oxygène, le mercure s'est abaissé de la même quantité en 1019, 1025 et 1024 secondes ; moyenne, 1022.7 secondes.

$$\frac{1022,7}{254,5}=4.018$$

La durée du passage de ces gaz est par conséquent dans le rapport de 1 à 4.018. Or le rapport inverse des racines carrées des densités des mêmes gaz est 1 à 4.

Un autre jour, sous une pression barométrique différente, on a fait passer successivement quatre gaz à travers la plaque de graphite avec un abaissement du mercure un peu plus faible, de 754 à 685 millim. (29.7 à 27 pouces).

Le temps du passage pour l'air était 884 et 885 secondes; moyenne, 884.5 secondes.

Le temps pour l'acide carbonique était 1100 et 1106 secondes; moyenne, 1103 secondes.

Le temps pour l'oxygène était 936, 924 et 930 secondes; moyenne, 930 secondes.

Le temps pour l'hydrogène était 229, 235 et 235 secondes ; moyenne, 233 secondes.

Les durées du passage sont dans la proportion suivante :

	Temps de la transmission de volumes de gaz égaux, à travers le graphite.
Oxygène	1
Air	0.9501
Acide carbonique	1.1860
Hydrogène	0.2505

Ces nombres se rapprochent excessivement des rapports des racines carrées de densité, ou des durées théoriques de diffusion des mêmes gaz, à savoir : oxygène 1, air 0.9507, acide carbonique 1.176 et hydrogène 0.2502. On peut donc les regarder comme indiquant l'existence d'une loi commune. Ils excluent l'idée de la transpiration capillaire qui donne des nombres complétement différents pour ces mêmes gaz.

Le mouvement des gaz à travers la plaque de graphite paraît être dû seulement à leur mouvement moléculaire propre, sans que la transpiration y aide en rien. Cela semble la manifestation la plus simple possible du mouvement moléculaire ou diffusif des gaz. Ce résultat si exact doit être attribué à l'extrême ténuité des pores du graphite. Les interstices semblent être suffisamment petits pour détruire entièrement la transpiration capillaire. La plaque de graphite est un tamis pneumatique qui arrête toutes les matières gazeuses en masse, et permet seulement aux molécules de passer.

Il était intéressant d'observer quel résultat donnerait une plaque de structure plus large, telle que le stuc, en comparaison du graphite. Dans ce but on a remplacé la plaque de graphite par un cylindre de stuc, de 12 millim. d'épaisseur, et l'on a opéré soit à haute, soit à basse pression, comme dans les précédentes expériences avec le graphite.

1° Sous une pression constante de 100 millim. de mercure, on a laissé le gaz pénétrer de 100 divisions millimétriques du diffusiomètre.

Avec l'air, dans deux expériences, la durée était 515 secondes, et de nouveau 515 secondes.

Avec l'hydrogène, 178 secondes, et de nouveau 178 secondes :

$$\frac{515}{178} = 2{,}894.$$

2° Sous une pression initiale de 710 mill. (28 pouces) et finale de 660 millim. (26 pouces), le temps pour l'air était 374 et 375 secondes ; moyenne, 374.5 secondes.

Pour l'hydrogène, c'était 129 et 130 secondes; moyenne 129,5 secondes :

$$\frac{374.5}{129.5} = 2.891.$$

Le cylindre de stuc qui avait servi aux expériences précédentes avait été séché sur l'acide sulfurique sans l'application de chaleur. On lui fit subir une nouvelle dessiccation en l'exposant, pendant vingt-quatre heures, à une température de 60° C., afin de s'assurer si la porosité serait altérée. Le rapport des durées pour l'hydrogène et l'air devint alors 1 : 2,788 à basse pression, et 1 : 2,744 à haute pression.

On observera que le rapport théorique des diffusions de l'hydrogène et de l'air, soit 1 : 3.80 s'éloigne beaucoup de celui que l'on a obtenu dans les expériences avec le stuc. Le rapport semble tendre à se rapprocher de celui des durées de transpiration des mêmes gaz, savoir ; 1 : 2,04. Dans une expérience rapportée par M. Bunsen, le rapport observé entre les durées de passage de l'hydrogène et de l'oxygène, sous une faible différence de pression, à travers du stuc séché par la chaleur, s'est abaissé jusqu'à 1 : 2,73, le stuc étant probablement moins dense que celui qui a servi dans les expériences dont nous rendons compte.

Avec le stuc, le passage des gaz *sous pression* paraît être un phénomène mixte, composé jusqu'à un certain point de la diffusion moléculaire dans le vide, telle qu'elle se produit avec une plaque de graphite, mais surtout de la transpiration capillaire des gaz en masse.

Ensuite on a fermé le diffusiomètre avec une plaque de biscuit blanc de 2,2 millim. d'épaisseur. Le temps d'une chute de 40 divisions du diffusiomètre, sous la pression

constante de 100 millim., était, pour l'air 1,210 secondes, pour l'hydrogène 321.

$$\frac{\text{Air} \ldots\ldots 1210}{\text{Hydrogène} \ldots\ldots 321} = 3.769.$$

Dans une autre expérience, le temps de la chute de 736 à 685 millim. (29 à 27 pouces) était, pour l'air 685 et 684 secondes; moyenne, 684,5 secondes; et pour l'hydrogène 183, 183 et 184 secondes; moyenne 183,3 secondes.

$$\frac{\text{Air} \ldots\ldots 684.5}{\text{Hydrogène} \ldots\ldots 183.5} = 3.754.$$

La terre poreuse (biscuit) était évidemment d'une structure plus serrée que le stuc, et le rapport paraît de nouveau moins influencé par la transpiration capillaire. Dans le fait, ce rapport ne diffère du rapport moléculaire de 1 à 3,80 que de un pour cent. Par conséquent, le biscuit paraît n'être que de peu inférieur au graphite pour de telles expériences, circonstance importante, car cette dernière substance est difficile à se procurer et ne peut pas se convertir en tubes et autres formes convenables comme l'argile plastique.

La vitesse du passage des gaz à travers la plaque de graphite paraît proportionnelle à la pression. En augmentant la résistance par une augmentation d'épaisseur de la plaque portée à 2 millim., et en opérant avec l'air et l'hydrogène à une pression constante de 50 et 100 millim., on a observé le temps que le gaz emploie pour pénétrer de 10 divisions millimétriques dans le tube :

	Secondes.	*Rapport.*
Air sous pression de 100 millim.	1925	1
» » 50 »	3880	2.015
Hydrogène sous pression de 100 millim..	497	1
» » » 50 » ..	1022	2.056

Pour une diminution de la pression de moitié, la durée du passage est devenue double ou même un peu plus. De plus grandes pressions donneraient probablement une vitesse de passage correspondant plus exactement avec la pression.

On peut aussi noter les rapports des durées relatives aux deux gaz dans les dernières expériences, car les observations ont été faites dans des circonstances semblables de pression et de température.

Barom. 760mm. Therm. 12°9 C.	Sous pression de 50mm.	Barom. 760mm. Therm. 12°9 C.	Sous pression de 100mm.
Air .... Hydrogène...	$\frac{3880}{1022}=3.796.$	Air .... Hydrogène . .	$\frac{1925}{497}=3.873.$

L'observation a été répétée sous la pression de 100 millim. avec le baromètre à 754 millim. et le thermomètre à 10° C.

Air.................... Hydrogène ....

$$\frac{1920}{498}=3.855.$$

La vitesse de l'hydrogène paraît, comme à l'ordinaire, être 3,8 fois celle de l'air.

$$\frac{1}{\sqrt{.06926}}=3.7994.$$

Une expérience faite à la même époque, sur un mélange de 95 d'hydrogène et 5 d'air, a donné lieu à un résultat imprévu qui m'a conduit à de longues recherches. On sait comme un mélange de ce genre passe par effusion, à travers une ouverture pratiquée dans une lame mince, dans un temps proportionnel à la racine carrée de la densité du mélange, et par conséquent presque proportionnel à la moyenne arithmétique des durées de diffusion de deux gaz séparément. Mais par transpiration par

un tube capillaire, un mélange de 95 d'hydrogène et de 5 d'air demande beaucoup plus de temps pour que les gaz passent séparément par transpiration. Dans le fait, 5 pour cent d'air retardent la transpiration de l'oxygène presque autant que 20 pour cent d'air retarderaient l'effusion de l'hydrogène[1]. Or, le mélange en question traverse la plaque de graphite en 527,5 secondes, tandis que la moyenne des temps calculée pour les deux gaz est 562,1 secondes.

La durée du passage du mélange n'est par conséquent ni la durée d'effusion, ni un temps plus long, comme cela serait le cas s'il s'agissait de transpiration capillaire, mais bien, ce qui paraît fort singulier, un temps considérablement plus court. L'analyse a montré que le gaz transmis avait été altéré dans sa composition. Il contenait plus d'hydrogène et moins d'air que le mélange primitif. De là provient l'accélération de son passage. En y réfléchissant, on conçoit que cette séparation des gaz mélangés doit être une conséquence de ce que le mouvement est moléculaire. Chaque gaz est poussé par sa propre force moléculaire, qui, comme nous l'avons vu, est capable de faire passer l'hydrogène au travers du graphite environ 3,8 fois plus vite que l'air.

Chaque gaz peut pénétrer dans le vide au travers de la plaque de graphite avec la même rapidité relative qu'il met à se diffuser dans une autre atmosphère gazeuse ; mais il reste à savoir si les vitesses de pénétration et de diffusion sont les mêmes absolument aussi bien que relativement. Pour éclaircir ce point, on a d'abord fait passer de l'hydrogène et de l'air dans le vide ; ensuite on

[1] *Philosophical Transactions*, 1846, p. 628.

les a fait diffuser l'un dans l'autre, à travers la même plaque de graphite, qui avait un millimètre d'épaisseur. Cette plaque formait un disque circulaire de 22 millimètres de diamètre.

La colonne mercurielle dans le diffusiomètre barométrique s'abaissait de 762 à 685 millim. (30 pouces à 27), avec l'air en 878 secondes, et avec l'hydrogène en 233 secondes.

$$\frac{\text{Air} \ldots\ldots 878}{\text{Hydrogène} \ldots\ldots 233} = 3.768.$$

On trouva par le calibrage du tube que le volume de gaz qui produit cet effet est de 8,85 cent. cubes. Donc 1,22 cent. d'hydrogène entrait dans le diffusiomètre en 60 secondes, ou une minute. Mais la pression sous laquelle entrait le gaz hydrogène était la moyenne de 762 à 685 millim., ou 723,5 millim., tandis que l'atmosphère entière (la hauteur du baromètre à ce moment) était de 765 millim. Le volume du gaz doit donc être augmenté dans le rapport de 723,5 à 765 pour donner la pleine action du vide Le volume devient ainsi 1.289 centimètres cubes en une minute.

En remplissant le diffusiomètre d'hydrogène et en faisant diffuser ce gaz dans l'air, l'élévation du mercure était assez uniforme pendant les cinq premières minutes ; elle atteignait 15,5 divisions millimétriques dans les premières deux minutes, 7 dans la troisième minute, 7,5 dans la quatrième, et 7 dans la cinquième, soit en tout 37 divisions dans 5 minutes. Mais comme on peut supposer que par la diffusion il entre un volume d'air pour 3,8 d'hydrogène qui s'échappent, la quantité d'hydrogène diffusé est supérieure à 37 divisions d'une quantité égale

à 37 × $\frac{1}{3.8}$, soit de 10 divisions environ[1]. Par conséquent, 47 divisions d'hydrogène se sont diffusées dans l'air en cinq minutes, ce qui, d'après le calibrage du tube, correspond à 6.215 centimètres cubes ; un cinquième de cette somme, c'est-à-dire 1.243 centimètres cubes représente la diffusion en une minute. Le résultat total est que dans une minute il passait à travers la plaque de graphite :

1.289 centimètres cubes d'hydrogène par perméabilité dans le vide.

1.243 centimètres cubes d'hydrogène par diffusion dans l'air.

Ces nombres indiquent presque une égalité des vitesses de pénétration dans le vide et de diffusion dans d'autres gaz, au travers du même diaphragme poreux. Entre les deux la diffusion paraît un peu plus lente, mais c'est ce qui doit être, car la vitesse de diffusion est certainement évaluée un peu trop bas dans notre estimation ; en effet, la diffusion initiale, ou même la diffusion dans la première minute, doit évidemment être un peu plus grande que la moyenne des premières cinq minutes, que nous avons prise pour la représenter, puisque l'hydrogène se diffuse nécessairement à l'extérieur dans une progression décroissante, soit de plus en plus lentement en raison de l'introduction d'air dans le diffusiomètre. Rigoureusement, c'est la vitesse initiale de diffusion (celle

[1] Comme d'après la manière dont nous avons compris ce passage, il ne nous semble pas que le calcul soit rigoureux, nous reproduisons ici le texte anglais : « But as in diffusion 1 air may be supposed to enter the tube for 3,8 hydrogen which escape, the hydrogen which diffused was more than 37 divisions, by $\frac{1}{3.8}$, that is, about 10 divisions. Hence 47 divisions, etc. » (*Trad.*)

de la première seconde, si on pouvait l'obtenir) qui devrait être comparée avec la pénétration dans le vide.

En définitive, il ne peut rester que peu de doute dans l'esprit, que le passage à travers la plaque de graphite dans le vide et la diffusion dans l'atmosphère gazeuse à travers la même plaque, ne soient dus à la même mobilité inhérente à la molécule gazeuse. Ce sont des manifestations de ce mouvement dans des circonstances différentes. Dans la double diffusion nous avons deux gaz qui se meuvent simultanément à travers les passages, dans des directions opposées, chaque gaz sous l'influence de sa propre force inhérente; tandis qu'avec le gaz d'un côté de la plaque et le vide de l'autre côté, nous avons un seul gaz se mouvant dans une seule direction. On peut assimiler le second cas au premier en supposant que le vide représente un gaz infiniment léger. On ne commettra, par conséquent, aucune erreur, en appelant les deux mouvements une diffusion gazeuse; la diffusion d'un gaz dans un autre (double diffusion) dans un cas, et la diffusion d'un gaz dans le vide (simple diffusion) dans l'autre cas. On peut aussi dire que la mobilité moléculaire inhérente est identique à la diffusibilité ou à la force diffusive des gaz.

La mobilité diffusive des molécules gazeuses est une propriété de la matière, fondamentale dans sa nature, propriété dont beaucoup d'autres sont la conséquence. On a vu que le degré de diffusibilité d'un gaz quelconque est régi par sa pesanteur spécifique, en sorte que la vitesse de diffusion varie en raison inverse de la racine carrée de la densité du gaz. Cela est vrai, mais non dans ce sens que la diffusibilité soit déterminée ou causée par la pesanteur spécifique. La raison physique est la mobi-

lité moléculaire. Le degré de mouvement que la molécule possède détermine le volume que prend le gaz, et constitue évidemment l'une, si ce n'est même la seule cause déterminante de la pesanteur spécifique particulière du gaz. S'il était possible d'augmenter d'une manière permanente le mouvement moléculaire d'un gaz, on changerait par là sa pesanteur spécifique et il deviendrait plus léger Ainsi, à la densité est relié le poids atomique de l'élément gazeux, conformément à la doctrine de l'égalité des volumes qui entrent en combinaison.

Diffusion des gaz mélangés dans le vide, lors d'une séparation partielle. — Atmolyse.

Oxygène et hydrogène. — On a employé un diffusiomètre construit comme celui que nous avons décrit (fig. 3), muni d'une plaque de graphite d'un millimètre d'épaisseur. La surface supérieure de la plaque recevait un courant de gaz mélangés, s'échappant d'un gazomètre ; l'excès de gaz pouvait s'echapper, comme précédemment, par un tube de sortie ouvert. On aspirait le gaz à travers le graphite, en soulevant le diffusiomètre, et par conséquent la colonne de mercure qu'il contenait, de façon à produire un vide partiel dans la partie supérieure du tube. On prend soin que le gaz, laissé dans la partie supérieure du tube du diffusiomètre avant que l'expérience commence, soit de la même composition que le gaz qu'on laisse entrer après, afin de partir d'un état uniforme de composition des gaz des deux côtés de la plaque de graphite. On maintient uniforme la hauteur de la colonne de mercure qui mesure la force aspirante

du diffusiomètre, en élevant graduellement le tube sur la cuve à mercure, à mesure que le gaz entre et que le mercure s'abaisse. Le diffusiomètre est suspendu au plafond de l'appartement par une corde passant sur une poulie avec un contrepoids, comme dans les expériences précédentes. Le mélange soumis à la diffusion consistait en volumes à peu près égaux d'oxygène et d'hydrogène. On a observé d'abord l'effet de différents degrés de pression sur la séparation produite. Les résultats suivants montrent que, à mesure que la pression ou la force aspirante augmente, la séparation devient plus grande.

Baromètre 0.759mm. Thermomètre 18°. 3 C.

Diffusion dans le vide partiel.

	Oxyg.	Hydr.
Composition du mélange primitif sur 100 parties. .	49.3	50.7
Diffusion à la pression de 100mm.	47.0	53
» » 400mm	37.5	62.5
» » 673mm (moy. de 635-710)	26.4	73.6
» » 747mm (moy. de 736-759)	22.8	77.2

Dans la dernière observation, celle qui a été faite à la plus grande pression (747 millimètres), l'oxygène est réduit à 22.8 pour cent et l'hydrogène s'élève à 77.2 pour cent du mélange diffusé, c'est-à-dire, que la séparation s'effectue en proportion considérable. Les gaz mélangés semblent se propager séparément au travers du graphite, chacun d'après sa vitesse propre de diffusion.

Mais ce n'est que sous l'aspiration d'un vide complet que la séparation atteint son maximum, et que la différence qui existe entre les diffusibilités spéciales des deux gaz se manifeste complètement. La raison en est que,

tandis que le mélange primitif occupe les deux côtés de la plaque sous la même pression, les gaz ne sont pas au repos, mais la diffusion agit en directions opposées au travers de la plaque, tout aussi activement que si les gaz étaient différents ou la tension inégale des deux côtés. C'est une condition de la mobilité moléculaire des gaz. Par conséquent, si l'on suppose que la tension diffère de 100 millimètres seulement, comme lorsque la tension du gaz était de 759 millimètres au-dessus de la plaque, et de 659 millimètres au-dessous (cas de la première expérience de la dernière série), alors 100 volumes seulement sur 759 du mélange sont soumis à la séparation. Mais à côté de ces 100 volumes, il y a 659 volumes de mélange invariable. L'action de ces derniers 659 volumes est contrebalancée par un volume égal de mélange invariable diffusé par dessous, de façon que les volumes ne sont pas influencés par cette portion de l'échange moléculaire.

Ainsi la quantité de séparation à laquelle on atteint en transmettant sous pression un gaz mélangé à travers un diaphragme poreux, sera proportionnelle à la pression — c'est-à-dire, à l'inégalité de tension des deux côtés du diaphragme.

Oxygène et azote. — La séparation des gaz de l'atmosphère par la transmission à travers la plaque de graphite présente un intérêt particulier.

Dans une expérience semblable à celles qui viennent d'être décrites, l'air atmosphérique était amené sur la surface supérieure d'une plaque de graphite ayant une épaisseur de 2 millimètres. Le gaz qui pénétrait dans le vide contenait, comme on pouvait s'y attendre, le constituant le plus léger et le plus diffusible en excès. On

a obtenu par l'analyse avec l'acide pyrogallique et la potasse, suivant le procédé de Liebig :

Oxygène	20
Azote	80

soit une augmentation d'un pour cent de la proportion d'azote ; car l'air, analysé en même temps, et de la même manière, donnait : oxygène 21.03, et azote 78 97.

On peut supposer à juste titre d'après la dernière expérience, que si on permettait à l'hydrogène pur dans un diffusiomètre de se répandre dans l'atmosphère, à travers une plaque poreuse, la portion d'air qui entrerait dans le diffusiomètre subirait aussi un changement de composition. On a interrompu une diffusion d'hydrogène à travers une plaque de graphite avant qu'elle fût complète, et on a trouvé que l'air qui était entré présentait la composition suivante :

Oxygène	19.77
Azote	80.23
	100.00

L'excès d'azote est de 1.23 pour cent.

Tandis que l'azote est augmenté et l'oxygène diminué dans l'air qui se propage sous pression à travers le graphite, il doit se produire un effet contraire sur l'air laissé en arrière. Mais ce dernier résultat de l'atmolyse ne peut être rendu apparent sans un changement dans le mode d'expérimentation.

Dans le but de produire une augmentation dans la proportion de l'oxygène, un certain volume d'air, contenu dans un vase suspendu sur le mercure, a été mis en communication à travers une plaque de graphite de 2 millimètres d'épaisseur, avec le vide maintenu au moyen

d'une machine pneumatique, dont le manomètre est resté à 1 pouce seulement au-dessous de la hauteur du baromètre pendant tout le temps de l'expérience.

Le vase contenant l'air à analyser était formé d'un simple cylindre en verre, ouvert à ses deux extrémités, et ayant environ 400 millimètres de hauteur (15.75 pouces). L'extrémité supérieure était fermée par une plaque épaisse de gutta-percha jointe au verre. Cette plaque était elle-même traversée par un large tube de verre, descendant d'un pouce dans le vase. Ce dernier tube portait le disque de graphite, qui avait 27 millimètres (1.04 pouces) de diamètre, dimension suffisante pour qu'il pût fermer l'extrémité inférieure du tube sur lequel il était mastiqué. L'extrémité supérieure du même tube était munie d'un bouchon et d'un tube ordinaire, par lequel elle était mise en communication avec une grande cloche placée sur la platine de la machine pneumatique.

La transmission était lente, à cause de l'épaisseur inaccoutumée de la plaque de graphite ; il fallait trois heures pour soutirer une moitié du volume primitif d'air dans le vase. On a examiné l'air restant dans le vase après l'opération, dans une série d'expériences pour lesquelles le volume primitif était réduit à une moitié, un quart, un huitième, et un seizième.

Le résidu d'air, réduit à une moitié, a donné dans deux expériences 21.4 et 21.57 pour cent d'oxygène; l'air de l'atmosphère analysé par le même procédé a donné 21 pour cent. Réduit au quart de son volume, le résidu d'air a donné, dans deux expériences, 21.95 et 22.01 pour cent d'oxygène. Réduit au huitième de son volume, l'air a donné 22.54 pour cent d'oxygène. Réduit à un seizième de son volume, l'air donna 23.02 pour cent d'oxy-

gène. La proportion d'oxygène avait augmenté, par conséquent, d'environ un dixième dans la dernière expérience, où l'effet est le plus grand.

En comparant ces nombres, on voit qu'au moyen d'une réduction de la moitié de son volume, l'air gagne environ un demi pour cent d'oxygène ; lorsque ce dernier air est réduit encore de moitié, il gagne un autre demi pour cent d'oxygène, et ainsi de suite ; — le gain d'oxygène augmentant dans une progression arithmétique, tandis que le volume d'air diminue en progression géométrique, ou comme les puissances du nombre 2.

Réduction d'un volume d'air	*Proportion d'oxygène pour cent.*	*Augmentation d'oxygène.*
à 1 volume	21	0
à 0.5 volume	21.48	0.48
à 0.25 volume	21.98	0.98
à 0.125 volume	22.54	1.54
à 0.0625 volume	23.02	2.02

Les densités de l'oxygène et de l'azote sont trop rapprochées pour que l'on puisse effectuer une séparation bien considérable par cette méthode. La densité de l'oxygène étant prise comme unité, celle de l'azote est 0.8785. Les racines carrées de ces nombres sont 1 et 0.937.3; et la vitesse de diffusion est dans le rapport inverse de ces nombres:

	Vitesse de diffusion
Oxygène..........	1
Azote............	1.0669.

La vitesse de l'azote dépasse donc celle de l'oxygène d'environ 6.7 pour cent. Par conséquent, par une simple diffusion d'un volume entier d'air, l'oxygène ne pourrait être augmenté que de 6.7 pour cent, d'après la théo-

rie. Dans des expériences analogues à celle qui précède, il n'y a qu'une moitié du volume d'air qui soit diffusé, et par conséquent, il ne peut se produire à chaque période qu'une moitié de cette quantité de concentration de l'oxygène. On obtient ainsi environ les trois quarts de la séparation théorique, quoique l'appareil avec lequel on opérait présentât un désavantage évident, parce que l'air à l'intérieur du vase n'est pas agité.

Cette méthode de séparation par diffusion rappelle l'ancienne observation de Döbereiner sur la sortie du gaz hydrogène contenu dans un vase présentant une fissure et placé sur eau, observation qui sera toujours considérée dans l'histoire de la science comme le point de départ de l'étude expérimentale de la diffusion des gaz. Cette observation est en réalité un cas de double diffusion, l'air entrant dans le vase par la fissure, en même temps que le gaz hydrogène s'en échappe, bien que de la manière dont Döbereiner considérait le phénomène, le cas se rapprochât davantage de la diffusion simple, ou de passage des gaz dans une seule direction[1].

On a étudié le pouvoir atmolytique d'autres plaques à diffusion, outre le graphite artificiel. On a fermé le diffusiomètre barométrique déjà décrit par une plaque de terre cuite, rouge, non vernie, de 4 millimètres d'épaisseur, qui était mastiquée au verre avec un ciment résineux.

On amenait de l'air sec sur la surface supérieure, comme lorsqu'on opérait avec la plaque de graphite. On a trouvé que l'air qui entrait, tandis que la colonne

[1] *Annales de chimie*, 1825.

mercurielle tombait de 340 à 200 millimètres, contenait 79.45 pour cent d'azote, au lieu de 79. Avec une colonne de mercure maintenue à 508 millimètres dans le tube, l'air entrant contenait 79 72 d'azote, et avec une colonne qui était au début à 761 millimètres, hauteur barométrique totale, et tombait à 679 millimètres en sept minutes, l'air entrant contenait 80.21 d'azote; ce maximum de séparation excède un pour cent, tandis que la durée était beaucoup plus courte qu'avec le graphite. Thermomètre 19°5 C.

Avec une plaque de diffusion en gypse (stuc) de 10 millimètres d'épaisseur, la proportion d'azote avait aussi augmenté, quoique moins considérablement qu'avec la terre à biscuit. La proportion d'azote observée dans l'air atmosphérique étant 78.99 pour cent, l'air pris dans le diffusiomètre avait pour composition:

		Proportion d'azote pour cent.
Dans l'air entrant sous une colonne de 333-200 millim. mercure.....		79.26
Dans l'air entrant sous une colonne de	508mm	79.32
» » »	761-685mm	79.53
» » »	761-685mm	79.69

La séparation est suffisamment marquée, et atteint certainement un degré remarquable, eu égard à la structure lâche de la plaque de stuc. Le gaz entrait en une minute environ dans les deux dernières expériences, passage qui semble trop rapide pour pouvoir être accompagné d'une augmentation de séparation, comparativement à l'expérience précédente dans laquelle la pression était moindre et le passage du gaz proportionnellement plus lent. Dans toutes les plaques aussi fortement poreuses,

on a toujours à craindre que le passage d'une forte proportion du gaz ne s'effectue par le mode de transpiration capillaire, qui ne produit aucune séparation.

On peut conclure de ce qui précède, que toutes les masses poreuses, quelque lâche que soit leur texture, doivent exercer une influence et produire une séparation des gaz mélangés qui les traversent sous pression. L'air qui entre dans un espace, en filtrant à travers un mur de brique ou un revêtement de plâtre, devient ainsi un peu plus riche en azote que l'atmosphère extérieure.

Le tube atmolyseur.

Pour l'application de la diffusion au travers un septum poreux à la séparation des gaz mélangés, considérée comme méthode analytique pratique, il est à désirer que le procédé soit plus rapide que cela ne peut avoir lieu quand on emploie du graphite ou d'autres plaques diffusantes de petite dimension, et que l'opération puisse devenir continue, si possible. Rien ne peut mieux remplir ce but qu'un long tuyau de pipe hollandaise, employée comme tube poreux. Un tube de cette espèce, de 2 pieds de long environ et de $2^{mm}5$ de diamètre interne, est fixé au moyen de bouchons perforés dans un tube de verre ou de métal, de quelques pouces de moins de longueur et de 1 et 1/2 pouce de diamètre (*e*, *i*, fig. 8), comme dans la construction du condensateur de Liebig. Un second tube ordinaire (*v*), adapté à l'une des extrémités dans le bouchon, permet d'établir la communication entre l'espace annulaire et le vide d'une machine pneumatique. La surface extérieure des bouchons, et les parties du tuyau de pipe qui s'étendent au delà du tube recouvrant, doivent être revêtues d'un vernis résineux, pour les

rendre imperméables à l'air. Maintenant, après avoir fait un bon vide dans le tube extérieur, vide que l'on maintient par l'action de la machine pneumatique, on fait entrer les gaz mélangés dans le tube d'argile qu'ils traversent. Une quantité plus ou moins considérable de gaz se trouve soutirée au travers des parois poreuses et est enlevée par la pompe, tandis qu'une autre partie poursuit sa route et s'échappe par l'autre extrémité du tube d'argile, où elle peut être recueillie. Le courant de gaz diminue en avançant, comme une rivière coulant sur un lit perméable. Le constituant le plus léger et le plus diffusible des gaz mélangés est aspiré plus fortement dans le vide, laissant le constituant le plus dense, à un état de plus grande concentration, s'échapper par l'extrémité de sortie du tube d'argile. Plus les gaz mélangés se meuvent lentement à travers ce tube, plus est forte la proportion de gaz léger qui est entraînée dans le vide, plus aussi est grande la concentration du gaz le plus dense. La vitesse de courant des gaz mélangés peut être réglée soit en les faisant sortir d'un gazomètre, soit en les soutirant avec un aspirateur dans chaque cas sous une pression régulière.

Pour observer l'effet d'un passage plus ou moins rapide à travers le tube atmolyseur, on faisait varier la pression de manière à faire passer et à recueillir un volume constant d'un demi-litre d'air atmosphérique en différentes périodes de temps. Le tube d'argile dont on se servait dans ces expériences n'était pas un tuyau de pipe, mais un grand tube non verni, d'environ 431 mill. (17 pouces de long), et 19 millim. (0,75 pouces de diamètre interne). Il convenait de placer ce grand tube dans une position verticale, et d'admettre l'air par l'extrémité

supérieure du tube, et de le faire sortir par l'extrémité inférieure. Les proportions d'oxygène trouvées dans le demi-litre d'air recueilli étaient les suivantes :

	OXYGÈNE POUR CENT.		
	Expér. 1.	Expér. 2.	Moyenne
Lorsqu'il est recueilli en 1 minute	21.00	-	
» » 13 »	22.33	22.25	22.29
» » 75 »	22 77	23.02	22 89
» » 120 »	23.25	23 22	23 23
» » 304 »	23 54	23.51	23.53

La proportion d'oxygène dans l'air circulant augmente donc avec la lenteur de son passage au travers du tube atmolyseur. La proportion d'air attirée dans le vide par la machine pneumatique doit être très-grande quand le temps est prolongé, mais l'augmentation de concentration de l'oxygène paraît être petite.

Comme les observations précédentes ont été faites au moyen d'un tube poreux qu'on peut considérer comme large, et de capacité considérable par rapport à sa surface interne, on a varié l'expérience en lui substituant un tube poreux environ huit fois aussi long, très étroit, et par conséquent de petite capacité interne. Ce second atmolyseur était composé de douze tuyaux de pipes ordinaires, chacun d'environ 10 pouces de long, et de 1,9 millim. de diamètre intérieur, réunis ensemble par des tubes de caoutchouc volcanisés de façon à en former un seul tube. Les jonctions étant flexibles, le tube pouvait être plié et placé dans un cylindre de verre où l'on faisait le vide. On faisait ensuite circuler l'air à travers cet atmolyseur sous une pression de plusieurs pouces d'eau.

L'instrument produisait le meilleur effet, quand l'air débité par le tube de sortie s'élevait à un quart de litre par heure. On a trouvé qu'un volume de 268 centimètres cubes, qui avait passé en une heure, contenait 24,37 pour cent d'oxygène. En ralentissant le courant de manière à obtenir seulement 108 centimètres cubes de gaz en une heure, l'augmentation de concentration de l'oxygène était très-faible. Cependant le résultat est intéressant, car il donne le plus haut point de concentration qui ait été obtenu jusqu'ici par un instrument de cette espèce.

L'air recueilli était composé de :

Oxygène..........	24.52
Azote...........	75.48
	100.00.

L'augmentation de l'oxygène est de 3,5 pour cent, c'est-à-dire, une augmentation de 16,7 sur cent d'oxygène originairement présent dans l'air.

Avec le seul tuyau de pipe de 24 pouces de long déjà décrit, l'oxygène de l'air atmosphérique était concentré d'environ 2 pour cent, lorsqu'on faisait passer un litre en une heure. Sur 450 centimètres cubes recueillis dans ce temps, on a trouvé pour composition :

Oxygène	23 12
Azote	76.88
	100 00.

En même temps, 9 litres environ étaient soutirés par le vide.

La séparation des gaz qui composent l'air atmosphérique est une épreuve difficile des pouvoirs de l'atmolyseur, à cause de la petite différence des pesanteurs spécifiques de ces gaz. Mais là où on opère avec des

gaz de densités très-différentes, le degré de la séparation peut devenir très-considérable.

On a fait quelques expériences sur un mélange à volumes égaux d'oxygène et d'hydrogène entraînés à travers le simple tube atmolyseur, de 24 pouces de longueur.

1° Dans une expérience, sur 7,5 litres qui ont été introduits dans le tube, on a recueilli à la sortie 0,45 litre. Le mélange avait pour composition :

	Oxygène.		*Hydrogène.*
Avant de traverser l'atmolyseur.....	50	+	50
Après avoir traversé l'atmolyseur....	92.78	+	7.22

2° Dans une autre expérience analogue, 14 litres du mélange gazeux sont entrés dans le tube, et 0,45 litre ont été débités en deux heures. On obtint pour résultat :

	Oxygène.		*Hydrogène.*
Avant de traverser l'atmolyseur......	50	+	50
Après avoir traversé l'atmolyseur.....	95	+	5

Ici la proportion d'hydrogène est réduite de 50 à 5 pour cent.

3° On a introduit 9 litres du mélange détonnant, consistant en un volume d'oxygène et deux volumes d'hydrogène, et l'on a recueilli 0,45 litre en une heure. Le changement effectué est donné par les chiffres suivants :

	Oxygène.		*Hydrogène.*
Avant de traverser l'atmolyseur.....	33.33	+	66.66
Après avoir traversé l'atmolyseur....	90.7	+	9.3

Le résultat de ces expériences est frappant, puisque le gaz cesse d'être explosif après avoir traversé le tube poreux, et qu'une bougie allumée brûle dans ce gaz comme dans l'oxygène pur. Un mélange d'oxygène et d'hydrogène n'est pas explosif tant que l'hydrogène n'atteint pas 11 pour cent.

Pour rendre sensible l'analogie de diffusion dans le vide avec la diffusion dans l'air, on a retiré le tube de verre extérieur de l'appareil, et on a directement exposé le tube poreux de l'instrument à l'air atmosphérique. Puis on a fait passer un mélange de volumes égaux d'oxygène et d'hydrogène avec la même vitesse que dans l'expérience 1.

Le gaz atmolysé et recueilli présentait la composition suivante :

Oxygène	51.75
Hydrogène	5 47
Azote	42.78
	100.00.

et peut être représenté comme contenant :

Oxygène.............	40.38
Hydrogène	5.47
Air	54.15
	100.00.

On observe ici à peu près la même concentration de l'oxygène chez les gaz mélangés que celle qui s'était produite dans l'expérience 1 ; mais le gaz recueilli est maintenant mélangé avec l'air qui est entré par diffusion. L'air extérieur remplit évidemment le même rôle dans la dernière expérience que le vide de la machine pneumatique dans la première.

Interdiffusion des gaz, double diffusion.

Le professeur Bunsen a beaucoup perfectionné le diffusiomètre au moyen d'un mécanisme à levier pour élever et baisser le tube sur la cuve à mercure ; mais la masse de stuc formant la plaque poreuse dans son ins-

trument paraît trop volumineuse, et, comme elle est desséchée par la chaleur, elle est sujette à se détacher des parois du tube de verre. Ce célèbre physicien ne maintient plus, il est vrai, le chiffre de 3,4 pouces pour l'hydrogène, qui est si différent du nombre théorique. Dans le fait, il est curieux que mes anciennes expériences aient donné un résultat plutôt plus grand que le nombre théorique de $\sqrt{0,06926} = 3,7994$. Quand on emploie le stuc, les cavités existant dans la plaque poreuse forment environ un quart du volume total, et affectent sensiblement le rapport dont il est question, suivant qu'elles sont ou non comprises dans la capacité de l'instrument. La diffusion commençait toujours lorsque ces cavités, aussi bien que le tube, étaient remplies d'hydrogène, et les nombres que l'on obtenait avec la plaque de stuc de 12 millim. d'épaisseur et séchée sans chaleur, furent 3.783, 3.8, et 3.739, lorsqu'on ajoute le volume des cavités du stuc aux volumes diffusés soit d'air, soit d'hydrogène ; et 3.931, 3.949 et 3.883, lorsqu'on ne l'ajoute pas. La plaque de graphite, d'un autre côté, étant très-mince, et le volume de ses pores trop fin pour qu'on doive en tenir compte, son action n'est pas accompagnée de la même incertitude. Avec la plaque de graphite de 2 millim. d'épaisseur, le nombre pour l'hydrogène dans l'air était 3,876 au lieu de 3,8, et pour l'hydrogène dans l'oxygène 4,124, au lieu de 4. Avec une plaque de graphite de 1 millim. d'épaisseur, l'hydrogène donnait 3,993, l'air produisant 1. Avec une plaque de la même substance de 0,5 millim. d'épaisseur, le nombre pour l'hydrogène comparé à l'air s'élevait à 3.984, 4.068 et 4.067. On a trouvé aussi une déviation considérable du nombre théorique, lorsque l'hydrogène était diffusé dans l'oxygène ou dans l'acide

carbonique, au lieu de l'air. Toutes ces expériences ont été faites avec des gaz secs et sur le mercure. Les nombres semblent mieux s'accorder avec la théorie quand la plaque de graphite est épaisse et la diffusion par conséquent lente. Si la diffusion est très-rapide, comme cela a lieu avec les plaques minces, il est possible qu'il se produise quelque chose comme un courant, à l'intérieur des canaux du graphite, suivant la direction de l'hydrogène et entraînant en masse un peu d'air, ou le gaz le plus lent, quel qu'il puisse être. Je ne peux pas expliquer autrement la petite prédominance que le gaz léger et rapide semble toujours acquérir en se diffusant à travers le septum poreux.

Interdiffusion des gaz sans septum intermédiaire.

La vitesse relative avec laquelle les différents gaz se diffusent est donnée par le diffusiomètre, mais la vitesse absolue du mouvement moléculaire ne peut pas être déterminée par le même instrument. Pour atteindre ce but, il semble nécessaire de laisser le gaz se diffuser dans l'air à travers une large ouverture.

Dans certaines expériences récentes, on a étudié l'élévation par diffusion d'un gaz pesant, tel que l'acide carbonique, dans une colonne d'air cylindrique, à peu près de même qu'une solution saline montait dans une colonne d'eau dans mes dernières expériences sur la diffusion des liquides.

Ce mode de diffusion gazeuse paraît susceptible d'une grande précision, et mérite d'être examiné de plus près. Dans une série d'expériences, un cylindre en verre de 0,57 mètres (22.44 pouces) de hauteur a été rempli dans sa partie inférieure jusqu'au 10me de son volume d'acide

carbonique, et les 9/10mes supérieurs étaient remplis d'air. Le thermomètre était à 16°. Après un laps d'un certain nombre de minutes, on soutirait du haut du récipient la 10me partie supérieure du volume, et l'on examinait la proportion d'acide carbonique qu'elle contenait.

Pour que l'acide carbonique parvînt à sa partie supérieure, il fallait qu'il se fût élevé (c'est-à-dire qu'il se fût diffusé) d'une distance de 0.513 mètres, c'est-à-dire un peu plus d'un demi-mètre. Après un laps de 5 minutes, on a trouvé dans deux expériences que la proportion d'acide carbonique ainsi recueilli était de 0,4 et 0,32 °/$_0$. En 7 minutes l'acide carbonique observé s'élevait à 1,02 et 0,90 ; moyenne 0,96 °/$_0$. L'effet de la diffusion est maintenant tout à fait sensible, et l'on peut dire que 1 °/$_0$ d'acide carbonique était diffusé à la distance d'un demi-mètre en sept minutes.

Une portion d'acide carbonique a été transportée par diffusion avec une vitesse de 73^{mm} par minute. On peut ajouter qu'en faisant diffuser de l'hydrogène du haut en bas dans de l'air contenu dans le même cylindre de verre, on a trouvé que sa vitesse était de 350^{mm} par minute, c'est-à-dire, qu'il descendait environ 5 fois aussi vite que l'acide carbonique montait.

Dans ces expériences, le cylindre de verre était rempli de coton non-filé très-lâche pour empêcher l'action des courants dans la colonne d'air ; mais on a trouvé que cette précaution est inutile, car on a obtenu plus tard des résultats semblables sans employer du coton.

Pour rendre plus sensible la régularité des résultats, je compléterai ce sujet en indiquant la proportion d'acide carbonique trouvée dans cette couche supérieure du gaz, après le laps de différentes périodes de temps.

	ACIDE CARBONIQUE POUR CENT.		
	Expér. 1.	Expér. 2.	Moyenne.
Après 5 minutes	0.4	0 32	0.36
» 7 »	1.02	0.90	0 96
» 10 »	1.47	1 56	1.51
» 15 »	1.70	1.68	1.69
» 20 »	2.41	2.69	2.55
» 40 »	5 60	5.15	5.37
» 80 »	8.68	8 82	8.75

En quatre-vingts minutes, la proportion d'acide carbonique s'était élevée à 8.75 %; 10 % serait la proportion qui correspondrait à l'achèvement complet de la diffusion.

Le même mouvement intérieur doit toujours exister dans l'air de l'atmosphère, et même avec une vitesse plus grande, dans la proportion de 1 à 1.176, qui est le rapport des diffusions relatives de l'acide carbonique et de l'air. Il est certainement remarquable que dans une atmosphère parfaitement tranquille, les molécules d'air changent spontanément de position et se transportent à une distance d'un demi-mètre, suivant une direction quelconque, dans le cours de cinq ou six minutes. Les molécules du gaz hydrogène se dispersent d'elles-mêmes à la distance d'un tiers de mètre, dans une seule minute. Un mouvement moléculaire pareil peut jouer un rôle considérable dans la distribution de la chaleur à travers un volume de gaz. Il paraît expliquer le grand pouvoir *convecteur* que possède l'hydrogène, qui est de tous les gaz le plus diffusif.

Lettre adressée à M. le Professeur PLANTAMOUR

A L'OCCASION DE LA DÉTERMINATION

DE LA HAUTEUR DU LAC DE GENÈVE

AU-DESSUS

DU NIVEAU DE LA MER

PAR

M. MICHEL,
Ingénieur des ponts et chaussées.

Monsieur,

Vous avez discuté dans le numéro du mois de janvier de la *Bibliothèque universelle* de Genève les opinions émises au sujet du plan de comparaison, qu'il conviendrait d'adopter pour un nivellement général de la Suisse, et vous avez bien voulu citer deux extraits de lettres que j'ai adressées à M. le colonel Burnier sur cette question.

Je vous demande la permission d'ajouter ici quelques explications qui me paraissent nécessaires, et d'entrer dans quelques détails qui ne seront peut-être pas sans intérêt pour déterminer le choix à faire entre le niveau moyen de l'Océan, ou le niveau moyen de la Méditerranée, comme plan de comparaison.

Vous faites observer que les marées seules ne vien-

nent pas modifier la hauteur du plan d'eau dans un port, que la déviation du fil à plomb produite par le relief terrestre et sousmarin des côtes doit contribuer à faire varier le niveau moyen de la mer d'un port à l'autre, dans la Méditerranée comme dans l'Océan. On doit admettre, en effet, qu'il y a là un élément de variation de hauteur qu'on perd de vue trop souvent, mais l'influence du relief et de la densité des côtes doit être d'un ordre inférieur à celle des vents, des courants, de la pression barométrique, d'un ordre inférieur surtout à l'influence de la configuration des côtes sur le mouvement de la marée. D'ailleurs le changement de niveau correspondant à la déviation du fil à plomb est constant dans un point donné; il n'est soumis à aucune perturbation, il doit exister sur l'Océan comme sur la Méditerranée, et en pareil cas le meilleur plan de comparaison sera celui qu'on pourra relever au centre du développement d'une longue côte sans relief sensible, comme celle de la Méditerranée entre Toulon et Port-Vendres.

Après ces appréciations théoriques, voyons ce que nous donne l'observation. Vous avez exprimé le désir de connaître les niveaux moyens de la Méditerranée, soit à Port-Vendres, soit entre Toulon et Gênes, pour apprécier l'influence de la déviation de la verticale. Je suis heureux de pouvoir vous répondre, en partie du moins, et de pouvoir compléter ainsi les renseignements donnés précédemment à M. Burnier. M. Bourdalouë m'a communiqué l'altitude du niveau moyen de la mer à Nice.

Cette ville est située au sommet de l'arc formé par les Alpes Maritimes d'un côté, et le prolongement de la chaîne des Basses-Alpes de l'autre. Si l'on devait attribuer la différence entre les niveaux des différents ports

au relief et à la densité des côtes, la mer devrait se trouver plus haute à Nice qu'à Marseille, et surtout qu'à Cette. Le niveau moyen de la mer est à Nice — $0^m,056$[1], c'est-à-dire qu'il est de cette quantité plus bas que le niveau moyen de la mer à Marseille, et de $0^m,069$ plus bas que le niveau moyen observé à Cette.

A Toulon, où l'influence des vents et de la marée est contrariée par l'étranglement de l'entrée de la rade, on trouve $—0^m.281$ pour le niveau moyen de la mer.

La conséquence à tirer de ces chiffres est celle que vous avez énoncée dans le n° 73 de la *Bibliothèque universelle,* savoir que les irrégularités dans les ports de la Méditerranée sont dues aux accidents qui accompagnent le mouvement de la marée, aux vents et aux courants, et que l'effet produit par la déviation locale de la verticale n'est pas appréciable.

Quant à l'amplitude des mouvements de la Méditerranée autour du plan de son niveau moyen, on l'évalue à $0^m,80$ ordinairement. La basse mer est à $—0^m,40$. Les marées lunaires et solaires ne donnent guère qu'une dénivellation totale de $0^m,30$ à Cette, comme à Toulon, où ont été faites les meilleures observations. C'est aux vents et aux différences de pression barométrique qu'est due l'augmentation de l'amplitude d'oscillation de la mer autour de son niveau.

Voyons maintenant ce qui se passe dans l'Océan. On sait que la marée, dont l'amplitude moyenne est de $4^m,20$ à St-Jean de Luz, de $5^m,20$ à St-Nazaire, atteint

[1] Toutes les hauteurs données dans cette lettre sans indication spéciale, sont rapportées au plan de comparaison des nivellements de la France, savoir au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille.

14^{m},50 à St-Malo et à Granville.[1] Une cause assez puissante pour apporter de telles perturbations dans le développement normal et régulier du mouvement de la marée paraîtra bien suffisante pour expliquer les écarts extrêmes de 0^{m},81 que présentent les altitudes du niveau moyen de l'Océan sur les côtes de France (1^{m},022 à Brest, et 0^{m},211 au Havre). Quand on compare les unités de marée données par l'Annuaire du Bureau des longitudes pour différents ports de mer, aux altitudes du niveau moyen de l'Océan dans ces mêmes ports, on voit que le niveau moyen s'élève avec l'unité de hauteur de marée. La configuration des côtes serait donc la cause principale des variations observées.

Le port du Havre présente, par rapport à l'ensemble des autres ports de l'Océan, une véritable anomalie qui vous a frappé. Le niveau moyen y est beaucoup plus bas que partout ailleurs. Son altitude est 0^{m},211, tandis que la hauteur dans les autres ports varie généralement entre 0^{m},60 et 1^{m},00, s'éloignant peu de la moyenne probable, qui est 0^{m},80. On peut trouver une explication de cette anomalie dans les observations faites par plusieurs ingénieurs chargés successivement des travaux du port du Havre. La durée de l'*étale*, c'est-à-dire du temps pendant lequel la mer reste stationnaire, après avoir cessé de monter, est variable pour tous les ports. Au Havre, l'étale dure quelquefois près de deux heures, tandis qu'à Dieppe et à Dunkerque, par exemple, la mer descend presque

[1] Dans la baie de Bristol la marée totale est de 12 à 14^{m}. — Dans la baie de Fundy, en Amérique, entre la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, la mer monte jusqu'à 20 et 24^{m}, tandis que dans la baie Nord, de l'autre côté de l'isthme, la mer ne monte que de 3 à 4^{m}.

aussitôt qu'elle ne monte plus. En d'autres termes, la courbe des mouvements de la marée dans le port du Havre est très-aplatie à son sommet.

Lamblardie a expliqué ce phénomène par le déversement des eaux de la mer dans la baie de Seine. Il a observé que des courants partiels dérivés du courant principal de flot se dirigent vers l'embouchure de la Seine. Le courant principal suit une ligne joignant la pointe de Barfleur au cap d'Antifier, circonstance connue des marins qui ont donné à cette direction du courant le nom de *Lime* ou de *Rondaine*. Au Havre et sur les côtes voisines, la mer est ainsi plus basse qu'au large, tant que les eaux s'élèvent dans la Manche, et les courants ne changent dans la baie de Seine pour déverser vers le large, que lorsqu'il y a déjà reflux. Le niveau des eaux à l'embouchure de la Seine variera donc assez peu depuis l'instant de la pleine mer au large, jusqu'à ce que la marée y soit devenue assez basse pour rappeler les eaux entrées dans la baie. On se rend ainsi compte de la dépression du niveau moyen de la mer au Havre par rapport à d'autres ports, même peu éloignés.

Veut-on un autre exemple de l'influence de la configuration des côtes sur l'évaluation de la marée? On a constaté dans plusieurs ports, notamment dans le port du Poole en Angleterre, un peu au nord de Cherbourg, l'existence de marées intermédiaires. On voit successivement un *premier flux*, durant 6 heures; un *premier reflux*, durant 1 h. 1/2; un *second flux*, durant 1 h. 1/2; un *second reflux* durant 3 heures. Voici l'explication que donne de ce phénomène M. Frissard, inspecteur-général des ponts et chaussées. Le premier flux dure tout le temps de la marée montante, sans rencontrer d'obstacle. Le

premier reflux a lieu, pendant que la baie de Seine gardant encore son plein, le courant d'*ebbe* ou de reflux n'a lieu qu'au large. Le deuxième flux a lieu, lorsque les eaux de la baie de Seine commencent à s'écouler, qu'elles sont réfléchies vers Poole par le promontoire de Cherbourg et qu'elles arrêtent le courant principal d'ebbe. Enfin le deuxième reflux a lieu lorsque toute la Manche déverse vers l'Océan. Voilà l'influence de la configuration des côtés bien démontrée.

En résumé, le niveau moyen de la mer est à peu près constant sur le littoral français de la Méditerranée entre Nice, Marseille et Cette. L'amplitude des mouvements de la mer autour de ce niveau est de $0^{m},80$ environ. Les opérations qui déterminent le niveau moyen de la mer, à Cette comme à Marseille, ont été faites avec une grande exactitude.[1] Ce niveau moyen, facile à observer d'ailleurs, est repéré à Marseille sur un monument durable. Enfin un nivellement de précision exécuté à deux reprises différentes a déterminé la hauteur du repère de la pierre du Niton dans le lac de Genève par rapport au repère de Marseille.

D'autre part, l'amplitude des mouvements de l'Océan est considérable. Elle est très-variable d'un point à un autre sous l'influence de la configuration des côtes. Le niveau moyen de l'Océan, si on le prend comme la

[1] Voici ce que dit M. Régy, ingénieur en chef du port de Cette, dans un rapport en date du 1[er] décembre 1860 : « Le niveau moyen de la mer à Cette fut calculé au moyen d'observations faites à l'échelle du môle St-Louis, trois fois par jour, à 8 h. du matin, à 12 h. et à 5 h. du soir, pendant les années 1847, 1848, 1849 et 1850. Depuis cette époque on a installé à Cette, au môle St-Louis, un marégraphe dont les résultats ont servi de contrôle aux observations précédentes. »

moyenne des hauteurs observées dans différents ports, varie suivant qu'on fait entrer dans le calcul de la moyenne un plus ou moins grand nombre de chiffres relevés sur les côtes de Bretagne, ou dans la mer de la Manche.

Si on ne donne pas la préférence à un port de l'Océan, à l'exclusion de tous les autres, on ne peut définir le niveau moyen autrement qu'en le rapportant au niveau moyen de la Méditerranée qui sera par le fait le véritable plan de comparaison. A quel port de l'Océan donnera-t-on la préférence? Et si un jour les Allemands veulent à leur tour exécuter un nivellement de précision, en prenant l'Océan comme point de départ, n'est-il pas probable que le niveau moyen de la mer à Hambourg, par exemple, sera différent de celui qu'on aura observé à Brest ou à St-Nazaire? L'accord entre les différentes bases sera donc impossible à établir. Enfin, dans l'état actuel des choses, aucun pays voisin de la Suisse, autre que la France, ne peut lui offrir un repère parfaitement déterminé.

Voilà les faits. Ils me semblent de nature à influer sur le choix du plan de comparaison pour les nivellements de la Suisse.

Montpellier, le 13 mars 1864.

Nous faisons suivre la lettre de M. Michel, qui renferme plusieurs documents d'un grand intérêt, de quelques remarques, dont quelques-unes sont suggérées par des communications sur le même sujet venues de différents côtés.

D'abord, en ce qui concerne le niveau de la Méditer-

ranée dans les différents ports du littoral de la France, l'on trouve, en prenant pour point de départ le niveau de l'eau dans le port de Marseille :

Marseille......	0m,000
Cette..........	+ 0,013
Toulon........	— 0,281
Nice..........	— 0,056
Moyenne...	— 0,081

Ainsi, l'on ne saurait admettre que le niveau de la mer est à peu près constant sur le littoral français de la Méditerranée entre Nice et Cette, puisque l'on trouve des différences allant à près de trois décimètres. Une fois qu'il est établi, que le niveau varie dans chaque point de la côte en raison de circonstances locales, et cela sur les bords de la Méditerranée aussi bien que sur ceux de l'Océan, quoique peut-être à un degré moindre, il n'y a aucune raison à priori pour choisir comme plan de nivellement la hauteur de l'eau dans tel port, plutôt que dans tel autre. Il serait en particulier impossible d'affirmer que le niveau moyen de la Méditerranée est donné par la hauteur de l'eau dans le port de Marseille, et non dans celui de Toulon.

La seule manière d'arriver à un résultat plus approché pour le niveau moyen de la mer sur une côte, est de mulplier autant que possible le nombre des données, c'est-à-dire de mesurer la hauteur sur un grand nombre de points, distribués en ayant égard à toutes les circonstances ; on arrive ainsi à éliminer l'influence de la localité, quelle que soit du reste la cause qui produise une variation soit dans un sens, soit dans le sens opposé, et d'après les écarts que fournit chaque port comparé à la moyenne,

on peut évaluer l'erreur moyenne ou probable du résultat. Or, si l'on prend la moyenne des résultats fournis par les quatre ports cités plus haut, on trouve — 0m,081, c'est-à-dire que, d'après les quatre données comprises entre Nice et Cette, le niveau moyen de la Méditerranée est de 8 centimètres plus bas qu'à Marseille, soit à la cote 0m,319 de l'échelle de ce port, avec une erreur moyenne de ± 0m,068. Les données sur le littoral de l'Atlantique et de la Manche sont plus nombreuses ; aussi, bien que les variations d'un port à l'autre soient plus fortes que dans la Méditerranée, probablement à cause de la marée, l'erreur moyenne du résultat est plus faible. En effet, d'après les mesures faites dans 19 ports de la côte entre Bayonne et Dunkerque, le niveau moyen de la mer est de 0m,80 au-dessus de celui de l'eau dans le port de Marseille, ou de 1m,200 au-dessus du 0 de l'échelle de ce port, et l'erreur moyenne du résultat est de ± 0m,056.

Il est évident que, quel que soit le plan de comparaison adopté pour toute évaluation de différence de hauteur, le point de départ dans une opération de nivellement ne peut pas être une surface variable comme l'est celle de l'eau ; il faut pour point de départ un repère fixe tracé sur un corps solide et fixe, et d'une nature aussi durable que possible. Si l'on prend pour point de départ le 0 de l'échelle du port de Marseille, tracé sur un monument durable, on a, d'après quatre ports de la Méditerranée, le niveau moyen de cette mer à la cote 0m,319 avec une erreur moyenne de ± 0m,068, et le niveau moyen de l'Océan, d'après 19 ports de l'Atlantique et de la Manche, à la cote 1m,200, avec une erreur moyenne de ± 0m,056. On peut remarquer, en outre, que le résultat est presque le même si on envisage séparément le littoral de l'Océan

proprement dit, de Bayonne à Brest, et celui de la Manche, de St-Malo à Dunkerque ; on trouve dans le premier cas $1^m,222$ et dans le second $1^m,184$, et cette faible différence de $0^m,038$ entre les deux résultats pourrait probablement être réduite, en ayant égard à certaines circonstances dans la détermination du niveau moyen de l'eau dans un port, sur lesquelles nous reviendrons plus tard. Si la question à résoudre se pose ainsi : « Quelle est la mer dont il convient d'adopter le niveau moyen sur une côte comme plan de comparaison ? » nous nous trouvons en face de ces deux alternatives, d'après les données maintenant à notre disposition. Ou bien il faudra adopter le niveau moyen de la Méditerranée sur le littoral français ; or ce niveau moyen est déterminé dans quatre points seulement, et son erreur moyenne s'élève à $\pm 0^m,068$; de plus, dans une mer intérieure ne communiquant avec l'Océan que par un détroit d'une largeur très-faible comparativement à l'étendue du bassin, et dans lequel a lieu un courant très-prononcé, la hauteur de l'eau peut être modifiée par suite de différentes circonstances. Ou bien on adoptera le niveau moyen tel qu'il résulte des 19 ports compris entre Bayonne et Dunkerque ; là on trouve, il est vrai, des différences plus grandes d'un port à l'autre, néanmoins l'erreur moyenne n'est que de $\pm 0^m,056$, et, chose importante à noter, la différence entre le littoral de l'Océan proprement dit et celui de la Manche est en dedans de cette limite.

La question étant ainsi posée, je n'ai aucune hésitation à me prononcer en faveur de la dernière alternative, c'est-à-dire de retrancher de toute cote rapportée au 0 de l'échelle du port de Marseille le chiffre $1^m,2$, et d'obtenir ainsi la hauteur au-dessus du niveau moyen de

l'Océan, en admettant que la hauteur de ce dernier est soumise à une erreur moyenne de $\pm 0^m,056$, ou à une incertitude probable de $\pm 0^m,037$.

J'ajouterai encore quelques mots sur les causes qui peuvent produire une différence dans le niveau moyen de l'eau d'un port à l'autre. D'après une notice publiée par M. H. Denzler dans le *Bulletin de la Société des sciences naturelles* de Berne, cet ingénieur attribue une grande partie de ces différences à l'incertitude du nivellement, par lequel les zéros des échelles dans les différents ports ont été reliés entre eux, et tout en admettant que la cause assignée par M. Michel, savoir les inégalités dues au mouvement de la marée et la difficulté de déterminer exactement le niveau moyen, peut exercer quelque influence, il ne lui attribue qu'une très-faible part. M. Denzler admet bien que le rapprochement des côtes dans le canal de la Manche peut exercer dans le phénomène de la marée une action telle, que le niveau moyen de la mer y soit plus élevé que sur la côte sud-ouest de la France; mais sur cette dernière, dont les ports sont, pour ainsi dire, des rades ouvertes, le niveau doit s'égaliser avec celui de l'Océan lorsque la mer est étale; les différences d'un port à l'autre ne peuvent ainsi provenir que d'une erreur dans les cotes que le nivellement a fournies pour le 0 des différentes échelles. M. Denzler ne paraît pas convaincu de la réalité d'une différence de niveau de 80 centimètres entre ces deux mers; il n'est pas non plus convaincu que la hauteur du repère de la pierre du Niton au-dessus du repère du port de Marseille soit déterminée, ni à 3 centimètres, ni même à 3 décimètres près. Il s'énonce enfin contre l'adoption immédiate de ce repère comme point de départ pour le

nivellement général de la Suisse, quelle que soit la cote que l'on adopte, suivant que l'on prend pour plan de comparaison le niveau de la Méditerranée ou celui de l'Océan.

Naturellement tant que les détails des opérations du nivellement général de la France ne sont pas publiés, on ne peut opposer aux doutes de M. Denzler, que l'appréciation donnée par M. Michel dans une précédente lettre, comme étant la sienne et celle des ingénieurs qui ont suivi de près les opérations, à savoir « que les nivellements faits sur la surface de la France sont exacts à trois centimètres près » Si les différences trouvées d'un port à l'autre dans le niveau moyen de l'eau tiennent en grande partie à des erreurs dans le nivellement qui relie le 0 des échelles, c'est à plusieurs décimètres qu'il faudrait évaluer ces erreurs, et non à un petit nombre de centimètres. D'un autre côté, les détails très-curieux donnés par M. Michel sur le mouvement de la marée dans le port du Havre, montrent que l'on doit arriver à un chiffre très-différent, suivant que l'on emploie tel ou tel procédé pour déterminer le niveau moyen de l'eau dans un port. On peut prendre la moyenne entre la cote fournie pour le maximum et pour le minimum, à chaque haute mer et chaque basse mer consécutive, et prendre la moyenne générale d'un grand nombre d'observations ainsi faites; ou bien, on peut prendre la moyenne de toutes les cotes fournies par des observations faites à des intervalles égaux et rapprochés, ou mieux encore, par les indications d'un marégraphe à enregistrement continu, ces observations prolongées également pendant un laps de temps considérable. Les résultats obtenus par l'un ou par l'autre de ces procédés peuvent être assez

différents, lors même qu'ils embrasseraient le même intervalle de temps, suivant la nature du mouvement de la marée, suivant la période différente dans chaque port pendant laquelle la mer monte ou baisse, et en particulier suivant la durée plus ou moins longue du temps pendant lequel la mer est étale. Dans un port où cette durée est très-longue, comme au Havre, et où la courbe du mouvement de la mer est très-aplatie à son sommet, le premier procédé doit donner un résultat notablement moindre que le second. Il faudrait connaître le procédé qui a été employé dans chaque port, le nombre d'années pendant lesquelles les observations ont été faites, enfin l'erreur moyenne, ou probable, dans les limites de laquelle ces observations permettent d'établir le niveau moyen de l'eau. Toutes ces données nous font défaut, ou du moins il n'y a aucune indication à ce sujet dans la lettre dans laquelle M. Michel transcrivait, d'après M. Bourdalouë, la cote du niveau moyen de la mer dans les 19 ports de l'Océan au-dessus du niveau moyen de la mer à Marseille; nous n'avons, par conséquent, aucune donnée sur la part que peut avoir dans la différence d'un port à l'autre, l'incertitude sur la hauteur moyenne de l'eau relativement à un repère fixe dans ce port.

Reste enfin la question de la déviation de la verticale, résultant du relief de la côte et de l'excavation dans l'écorce terrestre formant le lit de la mer, et de l'influence qu'elle peut avoir sur le niveau de l'eau dans un endroit donné. M. Michel, tout en admettant théoriquement l'existence d'une pareille influence, croit qu'elle n'est pas appréciable en comparaison de celle que peuvent avoir les courants, les vents, la pression barométrique, et surtout la configuration des côtes dans le mouvement de

la marée, et il cite à l'appui le fait qu'à Nice, où on devrait s'attendre à trouver un niveau plus élevé, en raison du relief, le niveau est au contraire plus bas qu'à Marseille. M. Denzler n'admet pas non plus qu'une inégalité dans le niveau de la mer due à cette cause puisse ressortir d'un nivellement; suivant lui, le nivellement suit à une si petite différence de hauteur près le niveau idéal de la mer, surtout dans les plaines de la France, que la déviation doit être pour ainsi dire mathématiquement la même pour ce dernier et pour le nivellement C'est aussi l'opinion qui a été exprimée par M. Gay, prof. à Lausanne, dans une lettre qu'il m'a écrite à ce sujet, et dans laquelle, tout en admettant que le niveau de la mer peut être modifié sur un point par les masses solides formant la côte, il ne pense pas que l'on puisse trouver une vérification de cette hypothèse dans les différences trouvées d'un port à l'autre, parce que l'influence en question doit agir de la même façon sur le nivellement et sur le niveau de la mer.

Je ne disconviens pas qu'il puisse en être ainsi dans plusieurs cas, mais je ne crois pas que cela doive toujours se présenter, parce que cela doit dépendre de l'azimut de la ligne de nivellement relativement à celui dans lequel la déviation de la verticale a lieu. Si l'azimut est le même, l'influence sur le nivellement sera la même que sur le niveau de la mer; mais la déviation de la verticale sur le nivellement ne se fera pas sentir, si la ligne de nivellement est perpendiculaire à l'azimut suivant lequel la déviation a lieu. En outre, même dans le cas où la ligne de nivellement serait dans le même azimut que la déviation de la verticale, causée par une influence locale, cette dernière produisant des effets contrai-

res sur deux côtés opposés, l'influence sur le nivellement pourrait être nulle entre deux points où la déviation serait égale et en sens contraire, et être sensible sur un point intermédiaire. Or il n'est en aucune façon nécessaire de supposer qu'un relief très-accidenté puisse seul produire des déviations locales très-appréciables, témoin les déviations très-notables trouvées par M. Schweizer aux environs de Moscou, c'est-à-dire au milieu des plaines de la Russie. Faut-il regarder ces déviations qui sont circonscrites dans un cercle très-restreint autour de cette ville, comme un fait tout à fait exceptionnel, unique dans son genre, ou bien n'est-on pas mieux fondé à supposer que si des investigations analogues et suffisantes étaient faites ailleurs, on trouverait d'autres exemples encore ? Dans le cas d'une déviation locale analogue à celle qui a été constatée par M. Schweizer, on pourra arriver à des résultats différents, suivant que la ligne de nivellement suivra tel tracé ou tel autre.

En résumé, quelle que soit la cause à laquelle on attribue les différences trouvées d'un port de l'Océan à l'autre, que ce soit surtout, d'après M. Denzler, une erreur dans le nivellement par lequel les échelles de ces ports sont reliées entre elles et au repère fondamental de Marseille ; que ce soit, suivant M. Michel, l'influence des vents, des courants et du mouvement de la marée sur la hauteur moyenne de l'eau, ou bien le procédé employé pour déterminer cette hauteur moyenne, et l'incertitude sur le résultat obtenu ; que ce soit, enfin l'altération produite par des déviations locales de la verticale, il n'en ressort pas moins des documents actuels : que le niveau moyen de l'Océan sur l'étendue de côtes assez considérable comprise entre Bayonne et Dunkerque

est déterminé relativement au repère de Marseille avec une incertitude probable de ± 0m,037, et l'écart moyen entre un port et la moyenne est de ± 0m,243. D'un autre côté, si c'est à peu de centimètres près, que l'on peut regarder comme exacte la cote du repère de la pierre du Niton relativement à celui de Marseille, comme cela est probable d'après les résultats concordants obtenus par des lignes et des tracés différents, on peut conclure que nous sommes, dès à présent, en possession d'une base suffisante pour rattacher le nivellement de la Suisse au niveau de l'Océan, du moins dans la partie de son littoral la plus rapprochée de notre pays.

E. PLANTAMOUR.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

TH. GRAHAM. SUR LA MOBILITÉ MOLÉCULAIRE DES GAZ (*Proceedings of the royal Society*, v. XII, p. 611).

Ce mémoire a pour objet le passage des gaz à travers les cloisons poreuses et l'auteur, en rapportant des expériences récentes faites par lui sur ce sujet, rappelle les recherches antérieures sur des phénomènes analogues.

Une masse gazeuse peut pénétrer de trois manières différentes d'un espace limité dans un autre.

1° *A travers un orifice percé dans une paroi très-mince.* Ce mode de mouvement s'effectue dans les gaz de la même manière que dans les liquides, et la vitesse d'écoulement dans le vide sous une pression constante est inversement proportionnelle à la racine carrée de la densité du gaz. La loi de ce mouvement, énoncée pour la première fois par Robison, a été vérifiée expérimentalement par M. Graham, qui désigne ce mode d'écoulement par l'expression d'*effusion des gaz*[1].

2° *A travers un tube capillaire.* Lorsque la paroi dans laquelle on perce l'orifice d'écoulement prend une épaisseur notable, les vitesses d'écoulement ne suivent plus la loi énoncée ci-dessus. Mais si l'épaisseur de la paroi devient très-grande par rapport au diamètre de l'orifice, on trouve de nouveau un rapport constant entre les vitesses d'écoulement des différents gaz. L'auteur a appelé ce mode de mouvement : *transpiration capillaire des gaz*[2].

[1] Sur le mouvement des gaz. *Phil Transact.*, 1846, p. 573.
[2] *Phil. Transact.*, 1846, p. 591 ; 1849, p. 349.

La vitesse est indépendante de la substance du tube capillaire, ce qui est dû probablement à l'existence d'une couche gazeuse immobile adhérente aux parois Pour un même gaz, la vitesse d'écoulement augmente avec la densité. Cette vitesse étant 1 pour l'oxygène, on trouve 2,5 pour le chlore, 2,26 pour l'hydrogène, 1,3 pour l'acide carbonique, etc.

3° *A travers une cloison poreuse.* Dans le mode d'écoulement précédent, la vitesse d'écoulement diminue rapidement lorsque la surface des parois du tube capi laire augmente par rapport à la section, c'est-à-dire lorsque le diamètre diminue. On peut donc concevoir que le mouvement cesse d'être perceptible pour une très-petite valeur du diamètre des tubes et ce serait ainsi qu'une paroi poreuse, tout en offrant une somme d'orifices assez grande, ne permet pas à une masse gazeuse de s'écouler par un mouvement analogue à celui qui s'effectue dans des tubes capillaires. C'est dans ces conditions que l'écoulement a lieu d'une façon spéciale désignée par l'auteur par l'expression de *moléculaire.* L'emploi du graphite, tel que le prépare M. Brockedon pour la fabrication des crayons, est particulièrement propre à l'étude de ce mouvement gazeux. On obtient des plaques de ce graphite qui ont 2 pouces carrés de surface sur 1 ou 2 millimètres d'épaisseur et l'on peut, en les frottant sur du grès, réduire cette épaisseur à $^1/_2$ millimètre environ. L'appareil désigné sous le nom de *difusiomètre* consiste en un tube de verre d'un pouce de diamètre, ouvert à l'une de ses extrémités et fermé à l'autre par une plaque de graphite cimentée au verre.

Ce tube étant rempli d'hydrogène sur une cuve à mercure, au bout d'une heure environ l'hydrogène est complétement remplacé par l'air et la prsesion intérieure est devenue beaucoup moindre, comme cela résulte de l'élévation du mercure. En disposant l'expérience de façon à faire passer au travers de la paroi de graphite successivement différents gaz, le passage ayant lieu d'un espace soumis à la pression atmosphérique à un espace vide, M. Graham a obtenu les résultats suivants :

	Temps d'écoulement d'un même volume.	$\sqrt{\text{Densité.}}$
Oxygène.........	1	1
Air.............	0,9501	0,9507
Acide carbonique...	1,1860	1,1760
Hydrogène........	0,2505	0,2502

La vitesse d'écoulement au travers de la plaque de graphite est inversement proportionnelle à la racine carrée de la densité du gaz et ce mode de mouvement est entièrement différent de la transpiration capillaire. Avec une plaque de stuc on trouve, pour le rapport des vitesses de l'air et de l'hydrogène, un résultat moyen entre la valeur que prend ce rapport dans le cas d'un tube capillaire et la valeur théorique résultant des densités; le mouvement semble donc participer dans ce cas de ces deux modes différents.

L'auteur pense que le mouvement d'un gaz au travers d'une paroi poreuse est le résultat du mouvement propre des molécules gazeuses tel qu'on le conçoit dans la théorie de la constitution des gaz, et que ce phénomène est par conséquent analogue à celui de la diffusion d'un gaz dans un autre, à cette différence près que le mouvement ne peut avoir lieu que dans un seul sens. Les résultats obtenus confirment cette manière de voir, parce que les vitesses d'écoulement sont proportionnelles aux vitesses théoriques de diffusion. En outre, M. Graham a trouvé que la vitesse absolue avec laquelle l'hydrogène passe dans le vide au travers d'une lame de graphite est la même que sa vitesse de diffusion dans l'air.

Il résulte de ce qui précède que deux gaz d'inégale diffusibilité passeront en quantité inégale au travers d'une paroi poreuse. Ce phénomène désigné par *atmolyse* permet d'effectuer jusqu'à un certain point la séparation des deux gaz. L'*atmolyseur* est un tube étroit de terre dégourdie, de deux pieds de long, introduit dans un tube plus court de verre. On fait le vide dans l'espace annulaire compris entre ces deux tubes et on fait passer un mélange de gaz

dans le tube en terre. Dans une expérience, l'air qui avait traversé l'appareil était plus riche de 24 p. % en oxygène qu'auparavant. Dans une autre expérience, un mélange détonnant formé de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène s'est changé en oxygène ne renfermant plus que 9,3 p. % d'hydrogène et dans lequel une bougie pouvait brûler sans détonation.

H.-L. Roscœ. Ueber die Bestimmung der chemischen Helligkeit, etc. Sur la détermination de la clarté chimique de différentes parties du disque du soleil (*Poggendorff's Annalen*, t. CXX, p. 331).

M. Secchi a constaté que le rayonnement calorifique du centre du disque solaire est presque deux fois plus intense que celui des bords, et que la zone équatoriale est un peu plus chaude que les zones polaires. D'autres observateurs avaient déjà remarqué depuis longtemps des différences analogues daus l'intensité lumineuse.

M. Roscœ a appliqué à la détermination de l'intensité chimique des différentes parties du soleil, une méthode qu'il avait précédemment décrite dans un travail en commun avec M. Bunsen. Voici les résultats qu'il a obtenus dans de premières recherches qu'il considère comme préliminaires et qu'il poursuivra plus tard.

Clarté chimique du disque solaire le 9 mai 1863.

N°	Au centre du disque.	A une distance des bords de $^1/_7$ du rayon.			Aux bords du disque.		
		Pôle nord.	Équateur.	Pôle sud.	Pôle nord.	Équateur.	Pôle sud.
1	100	38,8	48,4	58,1	18,7	30,2	28,2
2	100	52,8	—	56,6	30,5	—	41,0

On voit donc que le centre du disque solaire exerce une action chimique plus intense que les bords, ce que M. Roscœ attribue à l'absorption que l'atmosphère du soleil doit exercer sur les rayons

chimiques. Il résulte aussi des chiffres ci-dessus que la zone polaire sud exercerait une action plus énergique que la zone polaire nord, et que la zone équatoriale serait intermédiaire.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Nouveaux documents relatifs a l'antiquité de l'homme[1].

Des circonstances indépendantes de notre volonté nous ont fait interrompre pendant quelques mois le compte rendu des découvertes relatives à l'antiquité de l'homme, que nous avions promis à nos lecteurs. Nous le reprenons aujourd'hui avec d'autant plus d'empressement que nous avons à analyser des documents d'un haut intérêt.

Ces documents portent principalement sur l'homme qui vivait en France à l'époque du renne. Nous rappellerons brièvement à nos lecteurs que M. Lartet, dans un mémoire analysé dans les *Archives* (1861, t XII, p. 305), a montré que la chronologie de la période quaternaire ou diluvienne pouvait se subdiviser en époques distinctes. Les plus anciennes correspondent au temps où vivaient, avec plusieurs de nos espèces actuelles, des mammifères d'espèces perdues, comme l'ours des cavernes, l'éléphant, le rhinocéros à narines cloisonnées, etc. Une époque plus récente est celle où ces races antiques disparues ont fait place à des espèces qui vivent encore en Europe, mais dont quelques-unes habitent des contrées très-différentes de celles où on les trouvait alors. Cette époque est principalement caractérisée en France par le *renne*, relégué aujourd'hui dans le nord et dont la présence dans la France centrale doit avoir correspondu avec le refroidissement glaciaire. Plus tard, à une époque plus récente, la faune actuelle a pris le développement et les limites qu'elle a aujourd'hui.

[1] Voyez *Bibl. univ., Archives,* août et septembre 1863.

L'homme, comme nous l'avons montré à diverses reprises, doit avoir vécu en Europe pendant ces périodes diverses. Son existence dans les plus anciennes est prouvée par les silex du département de la Somme et par d'autres faits analogues. Nous n'avons aujourd'hui qu'un seul document nouveau, mais important à leur ajouter. Des découvertes plus nombreuses viennent d'être faites dans des cavernes qui paraissent, comme nous l'avons dit, avoir été remplies à l'époque du renne.

Ces diverses découvertes sont constatées :

1° Par la communication d'une lettre de M. Lartet, faite à l'Académie des sciences, par M. Milne Edwards (*Comptes rendus*, 1864, 29 février).

2° Par une note de M. le marquis de Vibraye (même numéro).

Découverte d'objets sculptés appartenant à l'époque du renne. — M. Lartet a exploité avec M. Christy, membre de la Société géologique de Londres, diverses cavernes du Périgord pendant les cinq derniers mois de l'année 1863. Ces observateurs ont trouvé dans diverses localités des amas d'os fragmentés, mêlés avec des cailloux, des débris de charbons, des cendres, des lames de silex taillés, formant un ensemble souvent consolidé en brèches. Les os longs sont en général fendus ou cassés dans un plan uniforme indiquant évidemment l'intention d'en extraire la moëlle. Des vertèbres trouvées en connexion montrent que les animaux ont été en partie enfouis sans charriage. Les cavernes des Eyzies et de Laugerie sont celles qui ont fourni les débris principaux. On en trouve aussi au pied des pentes des roches crétacées et dans de simples anfractuosités de rochers. Le grand nombre d'ossements de rennes enfouis dans ces divers gisements, et les traces d'action de l'homme qu'ils portent fréquemment fournissent des preuves suffisantes que ces débris appartiennent bien à l'époque indiquée. M. Lartet fait remarquer que sur dix-sept stations ils n'ont jamais observé une trace de polissage sur les armes en pierre, comme on le voit ordinairement dans les époques plus récentes. Ils ont,

du reste, trouvé tous les degrés plus anciens de perfectionnement « depuis la forme grossièrement ébauchée des haches du diluvium d'Abbeville jusqu'aux têtes de lances à facettes multipliées et à bords élégamment festonnés des plus beaux temps de l'époque de la pierre en Danemark. »

Ce qui donne à ces découvertes un intérêt spécial est celle de nombreux instruments et de reproductions de figures animales par la gravure ou la sculpture. On a obtenu par là des données bien curieuses sur l'état de la civilisation et même sur un commencement de développement artistique chez ces antiques peuplades. Les principaux objets cités par M. Lartet sont les suivants :

Des cailloux dont une face aplatie porte des preuves qu'ils ont servi à la trituration.

Une plaque d'une roche schistoïde où est gravé au trait l'avant-train d'un quadrupède herbivore.

Une plaque d'une même nature représentant à peu près un élan.

Des instruments en bois de renne si nombreux que l'on peut supposer qu'il y en avait une fabrique dans la caverne de Laugerie-Basse. Entre autres : des aiguilles percées à la base et terminées par une pointe aiguë, des crochets ayant peut-être servi à faire du filet, des ornements fabriqués avec des os du rocher de cheval ou de bœuf, quatre sifflets percés dans la première phalange des doigts d'un herbivore, etc.

Des sculptures sur des bois de renne au trait ou en ronde-bosse, indiquant probablement des bœufs et un bouquetin.

Une tige ou hampe arrondie portant une tête de cheval et une portion de renne.

Un manche de poignard, « morceau capital où le sentiment de l'art se révèle surtout par l'habileté qu'a mise l'artiste à plier des formes animales, sans trop les violenter, aux nécessités d'une destination usuelle. La poignée, tout entière en bois de renne, est formée par le corps d'un animal, les jambes de derrière sont cou-

chées dans la direction de la lame; celles de devant sont repliées sans effort sous le ventre. La tête, qui a son museau relevé en haut, forme avec le dos et la croupe une concavité destinée à faciliter l'empoignement de cette arme par une main nécessairement beaucoup plus petite que nos mains européennes. . . . » L'animal figuré est probablement un renne.

M de Vibraye a ajouté à ces documents une hache en roche amphibolique de la caverne d'Arcy-sur-Aube, et des pierres paraissant avoir servi à broyer les graines, trouvées dans les cavernes du Périgord, avec une statuette impudique de femme, dont la matière appartient à la dépouille d'un éléphant.

Quant à l'âge relatif de cette époque du renne, M. Lartet fait remarquer qu'aucun auteur de l'antiquité n'a signalé cet animal comme se trouvant en France. César seul en parle par ouï-dire comme existant dans une forêt dont on n'a pu atteindre les limites extrêmes, même après une marche de soixante jours. Il n'est figuré sur aucune monnaie romaine. L'époque de son existence dans l'Europe tempérée est donc plus ancienne qu'aucune tradition. On sait également qu'on n'en trouve point dans les plus anciennes habitations lacustres de la Suisse. Les éboulements du mont Salève, près de Veirier, en ont, il est vrai, enfoui des restes, mais ce dépôt paraît également plus ancien que les lacustres et probablement du même âge que les cavernes du Périgord. Les objets fabriqués trouvés par MM. Lartet et Chrysti appartiennent donc à une phase des temps préhistoriques antérieure à l'introduction des races domestiques, à l'emploi des métaux dans l'Europe occidentale, et à la construction des villages sur pilotis dans les lacs suisses.

Découverte d'un os humain contemporain de l'ours des cavernes. — Dans le mémoire précité, M. le marquis de Vibraye expose les précautions qu'il a prises pour éviter tout mélange dans l'exploitation des cavernes qui renferment des couches successives d'âges différents. Dans la caverne d'Arcy-sur-Aube, il n'a commencé à

exploiter la couche inférieure que lorsque la couche intermédiaire (*diluvium rouge*) avait été complétement épuisée et emportée. Cette couche inférieure renferme des ossements d'ours et d'hyènes des cavernes, d'éléphants et de rhinocéros, et par contre n'offre aucun débris de renne. Elle appartient donc à une période très-ancienne. M. Franchet, qui accompagnait l'auteur, a retiré de ses propres mains, à la base de cette couche et presque sur le rocher même, un atlas humain associé aux ossements des espèces précitées et ayant tout à fait le même facies. Il n'y a d'ailleurs aucune trace de remaniement postérieur. C'est une nouvelle et importante preuve à ajouter à plusieurs autres de la contemporanéité des hommes et de ces mammifères éteints qui caractérisent le commencement de la période quaternaire.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1864.

Le 1er, depuis 6 h. 30 m. du soir, on voit la lumière zodiacale, elle est particulièrement brillante entre 7 h. et 7 h. 30 m.

2. gelée blanche le matin.

3, couronne solaire de 7 h. à 7 h. 30 m. du matin.

4, couronne solaire de 8 h. à 8 h. 30 m. du matin ; à 8 h. 30 m. on voit le parhélie à l'Est du soleil.

11, forte gelée blanche.

13, id.

14, id.

15, id.

16, id. ; couronne solaire et halo solaire de 7 h. à 9 h. 30 m. du matin : de 7 h. 20 m. à 8 h. 20 m. on voit les deux parhélies, et de 7 h. 30 m. à 8 h. 20 m. l'arc tangent supérieur.

18, halo solaire à plusieurs reprises entre 9 h. 15 m. et 3 h. ; dans la soirée à plusieurs reprises couronne lunaire et halo lunaire.

20, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

21, id. id.

27, halo solaire partiel à plusieurs reprises entre 9 h. 30 m. et 2 h. 30 m,

29 et 30, giboulées de neige mêlées avec de la pluie : la neige n'a pas pris pied dans la plaine. mais les montagnes sont recouvertes jusqu'au pied.

31, gelée blanche.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1, à 10 h. mat. et midi	726,43	Le 2, à 6 h. matin....	723,84
2, à 10 h. soir.....	724,92	5, à 10 h. soir.....	710,33
6, à 10 h. soir.....	720,64	9, à 4 h. soir.....	711,67
13, à 10 h. matin...	736,62	16, à 4 h. soir.....	724,31
17, à 10 h. matin...	727,79	22, à 4 h. soir.....	713,62
25, à 8 h. matin...	721,71	27 à 6 h. soir.....	705,65
28, à 8 h. soir ...	712,90	29, à 8 h. matin...	704,02

GENÈVE. — Mars 1864.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap Moy. des 24 h	Tension de la vap Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minimum.	Fract. de saturation Maximum.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim	o	o	o	o	mm	mm.					mm.				o	o	pouces
1	726.00	+ 0,20	+ 5,21	+2,53	+ 1,3	+12,5	5,13	+0,83	800	+ 16	520	930	.	..	variable	0,14	5,9	+ 0,6	24,0
2	724,08	— 1,66	+ 2,25	—0,54	— 0,7	+ 5,2	5,04	+0,73	924	+142	830	970	3,9	5	variable	1,00	5,6	+ 0,3	24,0
3	724.18	— 1,51	+ 6.35	+3,44	+ 2,2	+12,2	5,55	+1,24	782	+ 2	570	930	...	..	variable	0,73	5,8	+ 0,4	24,2
4	721,84	— 3,79	+ 9,72	+6,70	+ 2,0	+16,5	5,58	+1,26	628	—149	330	830	...	..	SSO. 1	0,59	5,9	+ 0,5	25,0
5	714,72	—10,86	+ 7,85	+4,72	+ 5,2	+12,3	6,39	+2,06	832	+ 57	670	940	...	..	variable	0,84	6,0	+ 0,5	25,0
6	716,70	— 8,82	+ 8,80	+5,56	+ 5,5	+12,1	6,48	+2,14	763	— 9	560	880	7,9	8	SSO. 2	0,82	.	....	25,0
7	718,46	— 7,01	+11,02	+7,66	+ 5,4	+17,2	6,18	+1,83	634	—135	440	770	...	..	SO. 2	0,77	5,8	+ 0,2	25,9
8	716,67	— 8,74	+11,40	+7,92	+ 9,5	+13,5	6,77	+2,41	693	— 74	510	790	1,6	5	SO. 2	0,90	5,8	+ 0,2	27,0
9	712,55	—12,81	+10,06	+6.47	+ 5,8	+14,1	6,45	+2,08	708	— 56	540	94	10,7	6	SSO. 2	0,94	5,9	+ 0,2	27,0
10	724,41	— 0,89	+ 5,35	+1,64	+ 1,4	+ 9,5	4,13	—0,25	641	—121	430	740	...	..	SSO. 2	0,56	5,8	+ 0,1	27,0
11	730,64	+ 5,39	+ 4,45	+0,62	— 2,3	+10,5	3,60	—0,79	606	—154	330	970	...	..	SSO. 1	0,23	5,7	— 0.1	27,5
12	732,82	+ 7,62	+ 6,53	+2,58	+ 2,3	+10,1	5,05	+0,64	720	— 37	510	920	1,9	3	SSO. 2	0,53	5,4	— 0,4	28,0
13	735,68	+10,53	+ 3,49	—0,58	— 1,7	+ 9,4	4,09	—0,33	712	— 43	410	990	...	..	N. 1	0,06	...	.....	27,5
14	733,33	+ 8,23	+ 3,90	—0,29	— 2,1	+10,8	4,05	—0,39	686	— 67	420	980	...	..	variable	0,04	5,8	— 0,1	27.5
15	727.75	+ 2,70	+ 6,00	+1,69	— 2,0	+14,1	4,58	+0,13	679	— 72	360	1000	..	..	variable	0,14	5,9	— 0,1	27,8
16	725,37	+ 0,37	+ 6,16	+1,72	— 0,1	+11,5	5,16	+0,69	724	— 25	510	950	...	..	N. 2	0,13	6,3	+ 0,2	28,2
17	726,92	+ 1,97	+ 4,58	+0.01	+ 3,1	+ 8,7	4,28	—0,21	685	— 62	520	760	..	..	NNE. 2	0,54	6,8	+ 0,7	28,1
18	723,59	— 1,31	+ 3,05	—1,65	— 1,9	+ 8,2	4,46	—0,05	776	+ 31	590	910	...	..	variable	0,51	6,8	+ 0,6	29.5
19	719,86	— 4,99	+ 7,02	+2,20	+ 1,0	+11,8	5,36	+0,83	712	— 31	520	900	...	..	N. 1	0,86	7,0	+ 0,7	30,0
20	718,09	— 6,72	+ 6.59	+1,65	+ 5,5	+ 9,1	6.49	+1,94	892	+151	810	920	0,2	2	N. 1	0,97	...	....	30,0
21	714,89	— 9,88	+ 7,82	+2,75	+ 3,7	+11 8	6,44	+1,87	811	+ 72	630	980	...	..	N. 1	0,92	7,5	+ 1,1	30,0
22	714,77	— 9,96	+ 9,99	+4,79	+ 5,7	+15,2	6,51	+1,91	723	— 14	480	930	...	..	SSO. 1	0,82	7,1	+ 0,7	30,0
23	716,78	— 7,91	+ 7,33	+2,00	+ 6,6	+11,1	7,00	+2,38	920	+185	740	1000	1,6	4	N. 2	0,97	7,3	+ 0.8	30,5
24	720,64	— 4,01	+ 5,98	+0,52	+ 3,3	+ 9,5	4,59	—0,06	669	— 65	510	760	...	.	N. 2	0,28	7,5	+ 1,0	31.0
25	720,45	— 4,16	+ 7,38	+1,79	+ 0,8	+14,7	5,02	+0,34	665	— 67	360	930	...	..	SSO. 2	0,47	..	.....	31,0
26	716,42	— 8,15	+ 6,71	+0,99	+ 3,5	+11,0	5,67	+0,96	791	+ 61	590	930	1,3	5	SSO. 2	0,80	7,0	+ 0,3	30.5
27	708,10	—16,43	+ 6,28	+0,43	+ 0,4	+11,6	5,30	+0,56	743	+ 14	500	1000	...	..	NNE. 2	0,82	...	.....	30,0
28	711,22	—13,28	+ 3,82	—2,16	+ 3,0	+ 8,0	3,82	—0,95	660	— 67	390	1000	0,6	5	N 2	0,94	6,8	0,0	30.0
29	707,59	—16,88	+ 1,71	—4,40	+ 0,5	+ 5,0	3,83	—0,97	759	+ 33	570	930	0.3	3	SO. 2	0,91	6,3	— 0,6	30,0
30	716,41	— 8,03	+ 1,79	—4,46	— 0,6	+ 4,7	4,11	—0,72	793	+ 68	670	920	0,4	3	SSO. 1	0,93	6,3	— 0,6	30,0
31	725,70	+ 1,29	+ 3,54	—2,81	— 1,4	+ 9,1	3,97	—0.90	684	— 40	430	950	...	..	N. 1	0,32	6,8	— 0,2	30.2

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1864

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	719,48	719,95	720,27	720,40	719,99	719,56	719,69	720,23	720,43
2e »	727,95	728,16	728,22	727,68	726,82	726,32	726,32	726,67	726,92
3e »	715,22	715,59	716,00	716,07	715,64	715,42	715,75	716,24	716,54
Mois	720,70	721,05	721,32	721,21	720,65	720,27	720,43	720,89	721,14
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 5,57	+ 6,49	+ 9,05	+10,37	+11,02	+11,42	+ 9,56	+ 7,93	+ 6,44
2e »	+ 0,98	+ 2,85	+ 6,15	+ 7,81	+ 9,16	+ 9,53	+ 8,12	+ 5,99	+ 4,73
3e »	+ 3,36	+ 4,46	+ 6,34	+ 7,73	+ 9,10	+ 8,48	+ 7,30	+ 6,12	+ 5,16
Mois	+ 3,31	+ 4,60	+ 7,15	+ 8,61	+ 9,74	+ 9,77	+ 8,29	+ 6,66	+ 5,43
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	5,51	5,39	5,69	5,88	5,88	6,06	5,89	6,17	5,91
2e »	4,35	4,63	4,91	4,92	4,64	4,62	4,97	4,95	4,86
3e »	5,32	5,46	5,52	5,22	4,90	4,87	5,01	5,10	5,09
Mois	5,07	5,17	5,37	5,34	5,13	5,17	5,28	5,40	5,28
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	817	758	670	667	617	602	664	771	810
2e »	889	829	691	626	544	528	618	705	756
3e »	899	855	759	650	565	589	645	710	764
Mois	869	815	709	648	575	574	643	728	776

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+ 3,76	+12,51	0,73	5,83	24,1	25,4
2e »	+ 0,18	+10,42	0,40	6,21	2,1	28,4
3e »	+ 2,32	+10,15	0,74	6,96	4,2	30,8
Mois	+ 2,09	+11,00	0,63	6,34	30,4	28,1

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,71 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 73°,2 O. et son intensité est égale à 26 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1864.

SAINT-BERNARD. — Mars 1864.

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures		
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
1	560,31	+ 0,54	558,33	561,33	— 8,77	— 0,31	—10,1	— 4,8	30	2,4	4	NE. 1	0,34
2	559,27	— 0,50	558,70	559,96	— 7,96	+ 0,43	— 9,1	— 5,8	......	......	......	NE. 1	0,94
3	561,25	+ 1,48	560,34	561,80	— 3,23	+ 5,09	— 7,6	+ 2,8	10	0,8	1	NE. 1	0,55
4	560,72	+ 0,96	560,27	561,37	— 4,26	+ 4,00	— 6,6	— 1,4	......	......	......	SO. 1	0,53
5	556,94	— 2,82	554,19	559,14	— 5,31	+ 2,89	— 5,8	— 3,7	20	1,2	2	SO. 1	1,00
6	555,92	— 3,84	552,72	558,71	— 4,61	+ 3,52	— 6,6	— 1,4	90	8,7	8	variable	0,60
7	559,48	— 0,28	558,92	559,70	— 2,95	+ 5,11	— 4,7	+ 0,8	10	0,5	4	SO. 2	0,87
8	558,44	— 1,32	558,07	558.97	— 5,47	+ 2,52	— 6,2	— 4,0	50	5,6	2	SO. 1	1,00
9	554,54	— 5,23	553,40	555,43	— 4,71	+ 3,21	— 5,8	— 3,0	......	......	......	SO. 2	1,00
10	558,92	— 0,85	555,70	561,64	— 7,56	+ 0,29	—12,3	— 2,2	......	......	......	variable	0,80
11	563,42	+ 3,65	562,09	564,53	— 9,45	— 1,68	—13,0	— 6,3	......	......	......	NE. 1	0,00
12	565,82	+ 6,04	564,52	566,85	— 6,37	+ 1,32	— 8,7	— 2,0	......	......	......	NE. 1	0,79
13	567,94	+ 8,15	566,90	568,70	— 7,35	+ 0,26	—10,9	— 3,8	......	......	......	NE. 1	0,00
14	567,63	+ 7,83	567,30	568,20	— 3,74	+ 3,79	— 7,2	+ 1,9	......	......	......	SO. 1	0,02
15	564,99	+ 5,18	564,23	565,93	— 0,53	+ 6,92	— 3,9	+ 3,8	......	......	......	calme	0,31
16	562,32	+ 2,50	561,75	562,91	— 3,35	+ 4,01	— 5,7	— 0,2	......	......	......	NE. 1	0,07
17	562,24	+ 2,41	561,84	562 54	— 2,38	+ 4,89	— 6,8	+ 2,7	......	......	......	NE. 1	0,01
18	559,59	— 0,26	559,02	560,31	— 3,78	+ 3,40	— 6,4	— 0,4	......	......	......	NE. 1	0,26
19	557,39	— 2,47	557,14	557,75	— 7,98	— 0,89	—10,2	— 5,1	......	......	......	SO. 1	0,88
20	556.31	— 3,55	556,09	556,73	— 5,57	+ 1,43	— 8,1	— 2,8	50	4,9	7	SO. 1	0,85
21	555,23	— 4,67	554,83	555,65	— 5,71	+ 1,20	— 6,0	— 4,0	......	......	......	SO. 1	1,00
22	554,13	— 5,79	553,92	554 46	— 2,41	+ 4,40	— 5,3	+ 3,0	......	......	......	SO. 1	0,74
23	555,28	— 4,67	554,05	556,37	— 3,83	+ 2,88	— 5,7	+ 0,2	30	2,0	1	NE. 1	0,99
24	556 74	— 3,23	555,93	558,01	— 5,56	+ 1,05	— 7,1	— 1,9	40	5.3	1	NE. 1	0,71
25	557,92	— 2,08	557,55	558,55	— 6,34	+ 0,17	— 7,0	— 4,2	30	2,8	1	variable	1,00
26	553,11	— 6,92	551,70	554,99	— 5,96	+ 0,45	— 8,7	— 1,9	40	3,0	2	NE. 1	0,82
27	547,32	—12,74	546,60	548,76	— 7,31	— 1,00	— 9,8	— 4,9	60	4,4	1	SO. 1	0,91
28	546,09	—14,00	545,07	546,74	— 9,59	— 3,39	—13,0	— 6,2	......	......	......	NE. 3	1,00
29	543,81	—16,31	542,49	545,07	—12,48	— 6,39	—14,7	— 8,0	50	6,5	2	NE. 3	1,00
30	549,42	—10,73	546,19	552,55	—13,29	— 7,31	—14,5	—11,3	......	......	......	NE. 3	0,99
31	558,45	— 1,74	554,88	560,98	—11,21	— 5,34	—13,5	— 8,0	......	......	......	NE. 2	0,82

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1864.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	558,00	558,43	558,61	558,68	558,53	558,54	558,67	559,00	559,09
2e »	562,60	562,83	563,00	562,97	562,68	562,56	562,72	562,93	562,95
3e »	552,04	552,17	552,39	552,36	552,50	552,46	552,66	553,12	553,16
Mois	557,37	557,63	557,82	557,82	557,73	557,68	557,85	558,18	558,23

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s.
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade,	— 6,41	— 5,11	— 3,91	— 3,06	— 3,33	— 4,83	— 5,71	— 5,74	— 6,52
2e »	— 7,92	— 5,39	— 2,61	— 2,08	— 2,03	— 2,63	— 5,31	— 6,02	— 6,27
3e »	— 8,73	— 7,55	— 6,16	— 4,88	— 5,17	— 6,18	— 7,83	— 8,39	— 8,62
Mois	— 7,72	— 6,07	— 4,29	— 3,39	— 3,56	— 4,60	— 6,33	— 6,77	— 7,18

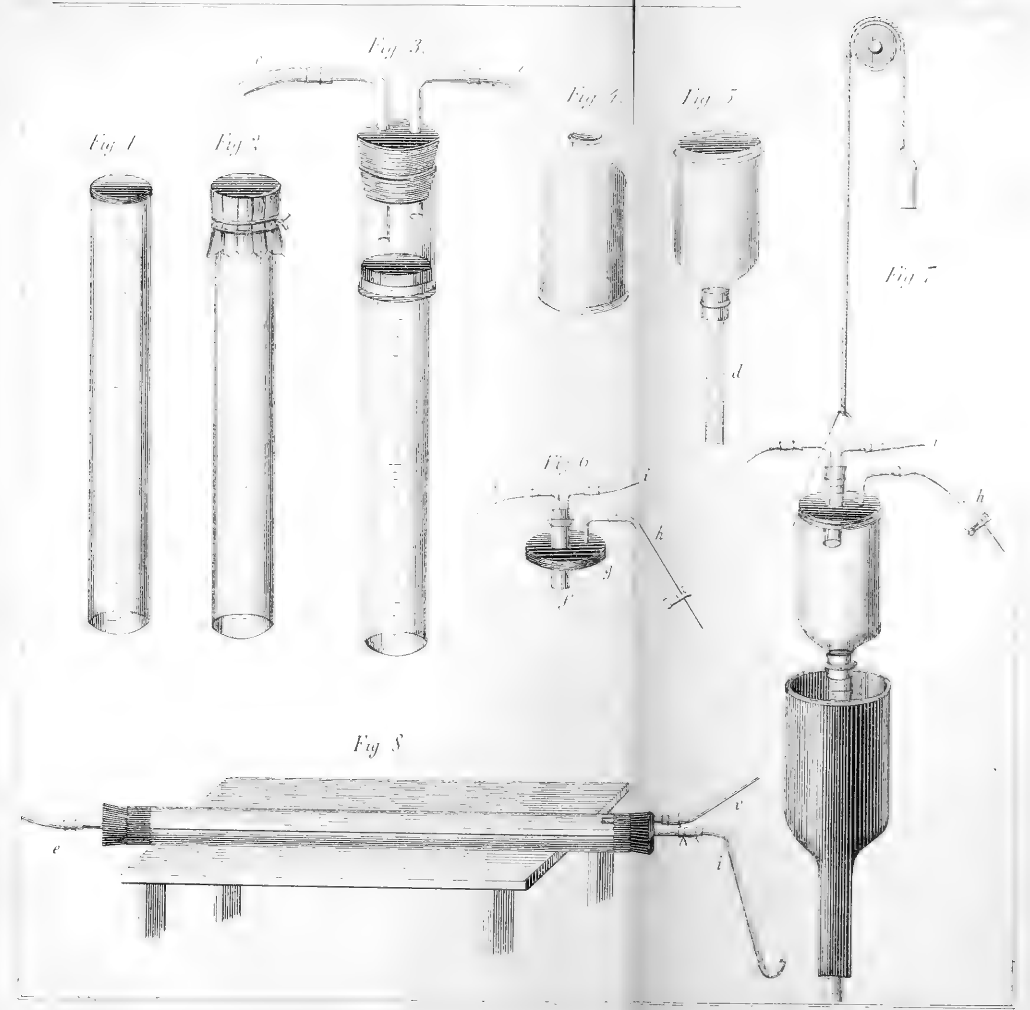
	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	— 7,48	— 2,27	0,76	19,2	210
2e »	— 8,09	— 1,22	0,32	4,9	50
3e »	— 9,57	— 4,29	0,91	24,0	250
Mois	— 8,42	— 2,65	0,67	48,1	510

Dans ce mois, l'air a été calme 32 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,52 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 19 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.


Fig 1.
Fig 2.
Fig 3.
Fig 4.
Fig 5.
Fig 6.
Fig 7.
Fig 8.
d
h
i
g
e
v

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES.



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIX (NOUVELLE PÉRIODE)

1864. — Nos 73 à 76.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand St-Bernard.


New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 3324

